



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Simulación y automatización de los sistemas de arranque para motores trifásicos de corriente alterna”

AUTOR

César Alfonso Ganchozo León

José Manuel Corral Quimi

DIRECTOR: MSC. Juan Carlos Lata García

GUAYAQUIL

2017

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

Nosotros, **CÉSAR ALFONSO GANCHOZO LEÓN** y **JOSÉ MANUEL CORRAL QUIMI** autorizamos a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, 11/22/2017

César Ganchozo León

CI: 0930941794

José Corral Quimi

CI: 0930542733

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **CÉSAR ALFONSO GANCHOZO LEÓN**, con documento de identificación N° **0930941794**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11/22/2017

César Ganchozo León

CI: 0930941794

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **JOSÉ MANUEL CORRAL QUIMÍ**, con documento de identificación N°, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11/22/2017

José Corral Quimi

CI: 0930542733

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, **JUAN CARLOS LATA GARCIA**, director del proyecto de Titulación denominado “**SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA**” realizado por los estudiantes **CÉSAR ALFONSO GANCHOZO LEÓN y JOSÉ CORRAL QUIMI**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, 11/22/2017

Juan Carlos Lata García

Msc. Sistemas y Dispositivos Fotovoltaicos

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi padre César Ganchozo P. y en especial a mi madre Cynthia León Reyes, ella estuvo con mis hermanos y conmigo en todo momento, fue el pilar fundamental en mi vida y mi guía durante mi niñez y juventud, un modelo a seguir.

A mis abuelos Alfonso Ganchozo y Carmen Puente por estar presentes y tener la predisposición de ayudarme en todo momento. A mis hermanos que son mi inspiración y me llenan de alegría.

A mi familia por estar dispuestos a escucharme y aconsejarme.

César Ganchozo León.

Este trabajo se lo dedico a lo más bello que Dios me otorgo mi madre Yilda Quimi Saa y a mi padre Paul Corral Ortiz por guiarme con mucho afecto y cariño a través de sus sabios consejos que tanto me han servido.

A mis hermanas y mi sobrina por su apoyo incondicional y demostrarme lo orgullosas que están de mí.

A mi tía Melba Quimi Saa por sus profundos consejos y creer en mí.

José Corral Quimi.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios que por su infinita misericordia me permite estar culminando este logro tan importante, el cual es tener mi primer título profesional. Le agradezco por darme salud y una gran familia.

Le agradezco a mi madre y a mi familia por apoyarme en todos los objetivos que me he propuesto y hacerme sentir querido todos los días.

Al Ingeniero Teddy Negrete que me supo aconsejar y me mantenía motivado para buscar ser un mejor profesional.

Al ingeniero Ervin Solano que tuvo la predisposición de seguirme instruyendo aun sin tener la obligación de hacerlo.

A Edgar Jimenez por tener la paciencia para explicarme lo que se me complicaba, por tener la disposición de escuchar mis problemas y aconsejarme como un amigo. En gran parte, este logro es gracias a él.

A César Jaramillo, una persona muy dedicada e inteligente. Le agradezco por la gestión y todos los esfuerzos que realizo para que pueda terminar mi proyecto.

A Fabian Ayala por apoyarme durante la etapa laboral que compartimos y aconsejarme como a un hermano en los momentos que lo necesitaba.

Ustedes sembraron en mí el deseo de ayudar al prójimo por los esfuerzos que hacen día tras día por los demás.

Me acompañaron casi durante todo este proceso. Con ustedes pude ver, compartir momentos y conocer personas que de alguna manera cambiaron mi forma de ver el mundo, de pensar y de vivir.

Le agradezco a esas personas que me hacen sentir bendecido por el hecho de haberlas conocido, por ser una fuerte fuente de inspiración y de cambio. Sembraron en mí el deseo de ser mejor día tras día. Todos ustedes estarán en mis oraciones siempre.

César Ganchozo León.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco principalmente a Dios por darme salud y esta oportunidad de cumplir con una de mis tantas metas, de igual manera a mis padres y familiares por estar en los momentos difíciles cuando más necesite de ellos y creyeron en mi e incentivaron a dar lo mejor en cada etapa de este duro camino.

Ing. Juan Carlos Lata que nos brindó sus enseñanzas y técnicas para proceder con la consecución de este proyecto.

A Oscar Sarmiento y Luis Vargas por el apoyo brindado en el ámbito laboral y por sus consejos que me ayudaron a aprender cómo es esta linda profesión.

A mis compañeros de clases que gracias a ustedes aprendí y disfruté lo especial de tenerlos durante todo este tiempo.

A la institución que nos permitió lograr este objetivo, con las facilidades que ameritaban durante el protocolo que debimos regirnos para culminar con éxito el presente.

José Corral Quimi.

RESUMEN

Tema: SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.

Autor: César A. Ganchozo León, José M. Corral Quimi

Director de tesis: Msc. Juan Carlos Lata Garcia

Este proyecto se basa en el diseño y construcción de un módulo para la automatización de arranques de motores trifásico, en el cual se usa un el PLC S7 – 1200 de la marca SIEMENS para establecer procesos a partir del ingreso de señales digitales y analógicas. Además, se podrá hacer el monitoreo de las variables que se presentan en el motor por medio de los programas cargados en la computadora, que se comunican a través del estándar ethernet que ofrecen los equipos. El módulo está diseñado en base a la forma de un maletín para que los estudiantes de ingeniería o persona que necesite automatizar un proceso puedan trasladarlo sin problema alguno.

Palabras clave: control, automatización, simulación, arranque de motores, motores trifásicos, supervisión, control de variables, módulo didáctico.

ABSTRACT

Topic: SIMULATION AND AUTOMATION OF STARTING SYSTEMS FOR
THREE-PHASE ALTERNATE CURRENT ENGINES.

Author: César A. Ganchozo León, José M. Corral Quimi.

Thesis Director: Msc. Juan Carlos Lata Garcia

This project is based on the automation of the starting of a three-phase motor, in which the PLC S7 - 1200 of the SIEMENS brand is used to establish processes through the input of digital and analog signals. In addition, you can control all the variables that appear in the engine through the programs loaded on the computer through the ethernet communication offered by the equipment. The module is designed based on the shape of a briefcase so that the electrical engineering student or person who needs to automate a process can move it without any problem.

Keywords: control, automation, simulation, motor starting, three-phase motors, supervision, variable control, didactic module.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	Error! Bookmark not defined.
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iv
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	v
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxi
ABREVIATURAS.....	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
1 EL PROBLEMA.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES.	2
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCE.	2
1.4 DELIMITACIÓN	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO	4
1.6 MARCO METODOLÓGICO.....	4

CAPUTULO 2	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 MOTOR DE INDUCCIÓN.	5
2.2 DIAGRAMA EQUIVALENTE EL MOTOR TRIFÁSICO.....	6
2.3 NORMAS Y SIMBOLOGÍA.....	8
2.4 CONEXIONES	9
2.4.1 CONEXIÓN DE MOTORES DE SEIS TERMINALES.....	9
2.4.2 CONEXIÓN DE MOTORES DE NUEVE TERMINALES	11
2.4.3 CONEXIÓN DE MOTORES DE DOCE TERMINALES	13
2.5 TIPOS DE ARRANQUES.....	15
2.5.1 ARRANQUE DIRECTO	15
2.5.2 ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO	16
2.5.3 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR.....	17
2.5.4 ARRANQUE CON RESISTENCIAS EN SERIE.	18
2.5.5 ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE.....	18
2.5.6 ARRANQUE CON VARIADOR DE FRECUENCIA.....	18
2.6 VARIABLES Y MEDIDORES.	19
2.7 ADQUISICIÓN DE DATOS	20
2.8 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	20
2.8.1 SENSOR	20
2.8.2 TRANSDUCTOR.....	21
2.8.3 DISPOSITIVOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	22
2.9 COMUNICACIÓN	22
2.9.1 PLC	22
2.9.2 REDES DE COMUNICACIÓN	23
2.9.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	23
2.10 LABVIEW	24
2.11 OPC SERVER	24
3 CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO PARA SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS.....	25
3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GABINETE METALITO.	25
3.1.1 ETAPA DE CORTE	25
3.1.2 ETAPA DE TROQUELADO	25
3.1.3 DOBLADORA	27
3.1.4 SOLDADURA	27
3.1.5 LAVADO Y PINTADO	27

3.2	DISTRIBUCIÓN DE TAPA DE TOMA DE SEÑALES DEL MÓDULO.....	28
3.3	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS EN EL INTERIOR DEL MÓDULO.....	29
3.4	DISPOSITIVOS INSTALADOS.....	30
3.4.1	PLC	30
3.4.2	SIGNAL BOARD	31
3.4.3	PULSADORES	32
3.4.4	SELECTORES.....	32
3.4.5	RELÉS	33
3.4.6	JACKS	33
3.4.7	FUENTE DE VOLTAJE	33
3.4.8	FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE	34
3.4.9	TARJETAS PORTA FUSIBLES.....	35
3.4.10	BORNERAS	35
3.4.11	VOLTIMETROS	36
3.5	CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS.....	37
4	CAPITULO V: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MODULO DE AUTOMATIZACIÓN.....	42
4.1	ENCENDIDO Y APAGADO DEL MÓDULO.....	42
4.2	COMUNICACIÓN PC-PLC.....	42
4.3	CONEXIÓN DE JACKS Y SELECTORES.....	43
4.3.1	ENTRADAS.....	43
4.3.2	SALIDAS.....	43
4.4	REGULADOR DE VOLTAJE.....	44
4.5	VOLTÍMETROS.....	44
5	CAPITULO VI: PRACTICAS DEL MODULO DE AUTOMATIZACIÓN.....	45
5.1	PRACTICA 1.....	45
5.1.1	TEMA:	45
5.1.2	OBJETIVOS:	45
5.1.3	RECURSOS:.....	45
5.1.4	TIEMPO ESTIMADO:	45
5.1.5	PROCEDIMIENTO:.....	46
5.1.6	FUNCIONAMIENTO:	68
5.2	PRACTICA 2.....	74
5.2.1	TEMA:	74

5.2.2	OBJETIVOS:	74
5.2.3	RECURSOS:	74
5.2.4	TIEMPO ESTIMADO:	74
5.2.5	PROCEDIMIENTO:	75
5.2.6	FUNCIONAMIENTO:	80
5.3	PRACTICA 3.....	88
5.3.1	TEMA:	88
5.3.2	OBJETIVOS:	88
5.3.3	RECURSOS:	88
5.3.4	TIEMPO ESTIMADO:	88
5.3.5	PROCEDIMIENTO:	89
5.3.6	FUNCIONAMIENTO.	93
6	CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
6.1	CONCLUSIONES:	98
6.2	RECOMENDACIONES:	98
	BIBLIOGRAFIA	99
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR.....	6
FIGURA 2: CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....	7
FIGURA 3: CONEXIÓN ESTRELLA 6 TERMINALES	10
FIGURA 4: CONEXIÓN DELTA 6 TERMINALES.....	11
FIGURA 5: CONEXIÓN ESTRELLA 9 TERMINALES	11
FIGURA 6: CONEXIÓN DOBLE ESTRELLA 9 TERMINALES.....	12
FIGURA 7: CONEXIÓN DELTA 9 TERMINALES.....	12
FIGURA 8: CONEXIÓN DOBLE DELTA 9 TERMINALES.....	13
FIGURA 9: CONEXIÓN ESTRELLA 12 TERMINALES	13
FIGURA 10: CONEXIÓN DOBLE ESTRELLA 12 TERMINALES	14
FIGURA 11: CONEXIÓN DELTA 12 TERMINALES.....	14
FIGURA 12: CONEXIÓN DOBLE DELTA 12 TERMINALES.....	15
FIGURA 13: CIRCUITO DE FUERZA PARA ARRANQUE DIRECTO	16
FIGURA 14: CIRCUITO DE FUERZA DE ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO.....	17
FIGURA 15: ADQUISICION DE DATOS [14].....	20
FIGURA 16: NORMA DE CONEXIÓN CABLE UTP [18].....	23
FIGURA 17: VISTA SUPERIOR DE PLACA DE SEÑALES TROQUELADA.....	26
FIGURA 18: MAQUINA DE TROQUELADO.....	26
FIGURA 19: DIMENSIONES EXTERIORES DEL MÓDULO DIDACTICO.....	27
FIGURA 20: TAPA PARA LA TOMA DE SEÑALES.....	28
FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL TABLERO.....	29
FIGURA 22: PLC S71200 INSTALADO.....	30
FIGURA 23: PLC CON PUERTO DE SIGNAL BOARD.....	31
FIGURA 24: SIGNAL BOARD	31
FIGURA 25: CIRCUITO ELECTRONICO DE SIGNAL BOARD.....	32
FIGURA 26: PULSADOR DE 16MM CAMSCO.....	32
FIGURA 27: SELECTOR DE 16MM CASMSCO.....	32
FIGURA 28: RELÉS LY2 CAMSCO [26]	33
FIGURA 29: JACK TIPO BANANA	33
FIGURA 30: FUENTE DE PODER DE 24VDC.....	34
FIGURA 31: TARJETA REGULADORA DE TENSIÓN.....	35
FIGURA 32: TARJETA PORTA FUSIBLES.....	35
FIGURA 33: BORNERA.....	35
FIGURA 34: VOLTIMETROS CAMSCO.....	36
FIGURA 35: INTERIOR DEL TABLERO.....	37
FIGURA 36: VISTA LATERAL DEL TABLERO.....	37
FIGURA 37: FIJAR EL RIEL DIN.....	38
FIGURA 38: COLOCACIÓN DEL PLC Y DE RELÉS.....	38

FIGURA 39: TAPA DE TOMA DE SEÑALES CON ELEMENTOS.....	39
FIGURA 40: CABLEADO DE LA TAPA DE SEÑALES.	39
FIGURA 41: COLOCACIÓN DE AMARRAS AL GRUPO DE CONDUCTORES.	40
FIGURA 42: MONTAJE DE TAPA DE TOMA DE SEÑALES.....	40
FIGURA 43: CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	41
FIGURA 44: PRUEBAS DE TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE.	41
FIGURA 45: COMUNICACIÓN DEL MÓDULO CON LA PC.....	43
FIGURA 46: INICIO DE TIA PORTAL	46
FIGURA 47: AMBIENTE DE TIA PORTAL.....	46
FIGURA 48: CREACIÓN DEL PROYECTO.....	47
FIGURA 49: CPU	47
FIGURA 50: VISTA DE DISPOSITIVOS.	48
FIGURA 51: ASIGNAR SIGNAL BOARD.....	48
FIGURA 52: ASIGNAR MÓDULO DE EXPANSIÓN.....	49
FIGURA 53: ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	49
FIGURA 54: CAMBIO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.	50
FIGURA 55: INGRESO DE LOGICA BOLEANA EN ARRANQUE DIRECTO.....	50
FIGURA 56: PROGRAMACIÓN PARA EL ARRANQUE DIRECTO.....	51
FIGURA 57: ACTIVACIÓN DE MARCAS DE CICLO (PRACTICA #1).....	52
FIGURA 58: PROPIEDADES DE LAS ENTRADAS DEL MÓDULO ANALOGICO.	52
FIGURA 59: INGRESO DE ENTRADAS ANALOGICAS Y MARCAS.....	53
FIGURA 60: INGRESO DE FUNCIONES NORM_X Y SCALE_X.....	53
FIGURA 61: VENTANA DE SELECCIÓN DEL PLC Y CARGA DE PROGRAMA.	54
FIGURA 62: VISTA PRELIMINAR CARGA	54
FIGURA 63: ONLINE TIA PORTAL-PLC	55
FIGURA 64: OPC SERVER.....	55
FIGURA 65: NI OPC SERVER RUNTIME.....	56
FIGURA 66: CREACIÓN DE CANAL	56
FIGURA 67: SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DEL CANAL	57
FIGURA 68: ADAPTADOR DE RED PARA EL CANAL.	57
FIGURA 69: CREACIÓN DE CANAL COMPLETADA.	58
FIGURA 70. CREAR DISPOSITIVO.	58
FIGURA 71: ESPECIFICAR PLC USADO.....	59
FIGURA 72: DIRECCIÓN IP DEL DISPOSITIVO A CONECTAR.	59
FIGURA 73:CREACIÓN DE DISPOSITIVO COMPLETADA.....	60
FIGURA 74: NEW TAG.....	60
FIGURA 75: INGRESO DE ETIQUETA PARA EL ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR.....	61
FIGURA 76: LECTURA DE VARIABLES EN QUICK CLIENT.....	61
FIGURA 77: INICIO DE LABVIEW	62
FIGURA 78: CREAR CONTROL.....	62

FIGURA 79: CONTROL LED	63
FIGURA 80: BIBLIOTECA DE IMÁGENES.	63
FIGURA 81: INGRESO DE IMÁGENES A LA VENTANA DE CONTROL.	64
FIGURE 82: ASIGNACIÓN DE FIGURAS.	64
FIGURA 83: GUARDAR EL CONTROL.....	65
FIGURA 84: CREAR UN VI.....	65
FIGURA 85: VENTANAS QUE CONFORMAN EL VI.....	66
FIGURA 86: PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.	66
FIGURA 87: INGRESO DE VARIABLES EN EL SISTEMA.	67
FIGURA 88: DIAGRAMA DE BLOQUES.	67
FIGURA 89: PANEL DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.	68
FIGURA 90: LECTURA DE “V” Y “T” CON MOTOR EN REPOSO.	68
FIGURA 91: MODULO EN ESTADO DE REPOSO.	69
FIGURA 92: ACCIONAMIENTO DE SALIDA Q0.0.....	69
FIGURA 93: VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ANALOGICAS.....	70
FIGURA 94: ACCIONAMIENTO DIRECTO DEL MOTOR (LABVIEW).	70
FIGURA 95: ACTIVACIÓN DE LA SALIDA Q0.0 DEL MÓDULO.	71
FIGURA 96: SENAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO (LABVIEW).	71
FIGURA 97: SEÑAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO (TIA PORTAL).	72
FIGURA 98: PARADA DE EMERGENCIA EN EL ARRANQUE (LABVIEW).	72
FIGURA 99: PARADA DE EMERGENCIA EN EL ARRANQUE DIRECTO (TIA PORTAL).	73
FIGURA 100: ALARMAS.	73
FIGURA 101: CIRCUITO DE CONTROL DE INVERSIÓN DE GIRO.	75
FIGURA 102: CONTROLES PARA SEÑALIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.	76
FIGURA 103: INGRESO DE FUNCIONES NORM_X Y SCALE_X.....	76
FIGURA 104: VISUALIZACIÓN EN LINEA DEL PROGRAMA.	77
FIGURA 105: LÓGICA AUXILIAR PARA LA VISUALIZACIÓN DE FALLA.....	77
FIGURA 106: VARIABLES CON MOTOR EN REPOSO.	78
FIGURA 107: AGREGAR DIRECCIONES DE VARIABLES AL NUEVO DISPOSITIVO.	78
FIGURA 108: ASIGNACIÓN DE VARIABLES OPC SERVER.....	79
FIGURA 109: DIAGRAMA DE BLOQUES DE INVERSIÓN DE GIRO.....	79
FIGURA 110: ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO.	80
FIGURA 111: ARRANQUE DE MOTOR EN SENTIDO HORARIO (QUICK CLIENT).	81
FIGURA 112: ACCIONAMIENTO DE SALIDA Q0.0 PARA SENTIDO HORARIO.	81
FIGURA 113: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.0 (SENTIDO HORARIO).....	82
FIGURA 114: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (SENTIDO ANTIHORARIO).	82
FIGURA 115: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (PANEL FRONTAL DE LABVIEW).	83
FIGURA 116: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (MÓDULO).	83
FIGURA 117: VARIABLES DEL MOTOR EN OPERACIÓN CON INVERSIÓN DE GIRO.....	84
FIGURA 118: ACTIVACIÓN DEL INDICADOR DE EMERGENCIA DEL MÓDULO.....	84

FIGURA 119: SENAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO.	85
FIGURA 120: ACTIVACIÓN DE SEÑAL DE FALLA (TIA PORTAL).	85
FIGURA 121: DESACTIVACIÓN POR PULSADOR DE PARO (TIA PORTAL).	86
FIGURA 122: DESACTIVACIÓN POR PARO DE EMERGENCIA DE LABVIEW.	86
FIGURA 123: DESACTIVACIÓN POR PARO DE EMERGENCIA DE LABVIEW.	87
FIGURA 124: DIAGRAMA DE BLOQUES DE INVERSIÓN DE GIRO.	87
FIGURA 125: PROGRAMACIÓN DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.	89
FIGURA 126: VISUALIZACIÓN DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.	90
FIGURA 127: CIRCUITO DE CONTROL ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO.	90
FIGURA 128: INGRESO DE VARIABLES.	91
FIGURA 129: LECTURA DE VARIABLES (QUICK CLIENT).	91
FIGURA 130: LECTURA DE VARIABLES CON EL MOTOR EN REPOSO.	92
FIGURA 131: DIAGRAMA DE BLOQUES DE ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO.	93
FIGURA 132: OPERACIÓN EN CONEXIÓN ESTRELLA (LABVIEW).	94
FIGURA 133: OPERACIÓN EN CONEXIÓN ESTRELLA (TIA PORTAL).	94
FIGURA 134: OPERACIÓN EN CONEXIÓN DELTA (LABVIEW).	95
FIGURA 135: OPERACIÓN EN CONEXIÓN DELTA (LABVIEW).	95
FIGURA 136: TOMA DE SEÑALES ANALOGICAS (TIA PORTAL).	96
FIGURA 137: ACTIVACIÓN DE PARO DE EMERGENCIA (LABVIEW).	96
FIGURA 138: ACTIVACIÓN DE PARO DE EMERGENCIA (TIA PORTAL).	97
FIGURA 139: SEÑAL DE FALLA POR SOBRECARGA.	97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA TARJETA REGULADORA	34
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.- FUERZA DE LORENZ	5
ECUACIÓN 2.- VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO	6
ECUACIÓN 3.- DESLIZAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN	6
ECUACIÓN 4.- LEY DE OHM	7
ECUACIÓN 5.- RESISTENCIA DE CARGA	8

ABREVIATURAS

VDC: Voltaje continuo.

VAC: Voltaje alterno

AAC: Corriente alterna.

W: Vatios (Potencia activa).

VAR: Volt Amperios Reactivos (Potencia Reactiva).

VA: Volt Amperios (Potencia Aparente).

Hz: Hertz (frecuencia).

NO: Normalmente abierto

NC: Normalmente cerrado.

PLC: Controlador Lógico Programable.

PC: Computador.

DAQ: Adquisición de datos.

AWL: Lista de instrucciones.

FBS: Diagrama de funciones.

KOP: Diagrama de contactos.

INTRODUCCIÓN

El proyecto se basa en la simulación y automatización de los tipos de arranque de motores trifásicos de jaula de ardilla. Para esta labor se procedió a diseñar y construir un maletín que cuente con el PLC S7-1200. Con este maletín podrá realizar pruebas de arranques de motores trifásicos y automatización de procesos industriales. La información y fundamentos recopilados, los emplearemos en el desarrollo de la documentación con la finalidad de entregar un material que ayude a las nuevas generaciones de estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica.

En los capítulos se encuentra conceptos sobre los motores trifásicos, conexiones de arranque y tipos de arrancadores, protocolo de comunicación TCP/IP, softwares utilizados para comunicación PLC-PC, elementos utilizados en el diseño para la construcción del módulo, fases de construcción del módulo didáctico, prácticas y pruebas realizadas.

El proyecto tendrá como principales beneficiarios a la Universidad Politécnica Salesiana y a los estudiantes de la carrera Ingeniería Eléctrica, ya que facilitamos equipos de automatización para los laboratorios además de documentación que facilite el aprendizaje de los motores trifásicos y sus sistemas de arranque. Este trabajo tiene una gran contribución académica en el laboratorio de automatización además de la contribución a las otras ramas de ingeniería gracias a la facilidad de transporte y fácil acoplamiento a otros módulos de pruebas.

CAPITULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Debido al incremento de nuevas carreras y de estudiantes en la universidad, la carrera de ingeniería eléctrica enfrenta un problema con la disponibilidad del laboratorio de automatización y los equipos presentes en él. Para atender tal necesidad, la carrera ha optado por trabajar juntamente con egresados para el desarrollo de módulos de automatización para fines didácticos. Estos módulos permitirán la conexión con tableros para el control industrial o en procesos de potencia.

1.2 Antecedentes.

La universidad siempre se ha esmerado en innovar la infraestructura de ambientes como aulas, bibliotecas, laboratorios y equipos para cumplir con los requerimientos impuestos por el ministerio de educación superior y por el mercado laboral.

La carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil forma a profesionales con aptitudes teórico-práctico, ya que respaldan conocimientos adquiridos en el aula con pruebas experimentales realizadas en laboratorios. Por lo cual era necesario tener módulos con equipos que estén a la par del avance tecnológico para resolver las problemáticas que encontramos actualmente en la industria, campo donde la tecnología en automatización, comunicación y seguridad está muy avanzada.

1.3 Importancia y alcance.

Con la elaboración del proyecto técnico de titulación los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil se podrán beneficiar en dos aspectos: El primero, contribuir al aprendizaje de los distintos tipos de arranques de motores trifásicos. El segundo, suplir la falta de equipos para prácticas de automatización, lo cual es necesario para la formación de los estudiantes.

Se desea brindar un módulo didáctico que cuente con el PLC S7-1200 (Siemens), para simular y automatizar los distintos tipos de arranque de motores trifásicos y otros procesos industriales. Se adjuntará una monografía que tendrá información sobre el diseño y construcción del maletín didáctico, esto facilitará la enseñanza de los estudiantes y beneficiará a la carrera de ingeniería eléctrica.

Al maletín didáctico se lo podrá transportar fácilmente gracias a su diseño compacto.

1.4 Delimitación

Se estima que el tiempo utilizado para desarrollar este proyecto es de 5 meses.

Este proyecto se realizó en las instalaciones de la universidad politécnica salesiana, en el laboratorio de motores y generadores y el laboratorio de instalaciones industriales, lugar donde encontramos los equipos y herramientas necesarias para el diseño, construcción y pruebas del módulo de automatización.

El proyecto se centrará en la simulación y automatización de los distintos tipos de arranque de motores trifásicos mediante el maletín didáctico, para eso se emplea conocimientos de las materias de automatización e instalaciones industriales.

El maletín didáctico será conectado al *banco de prueba para sistemas de control industrial programable* y al *Módulo de adquisición y procesamiento de parámetro electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores*, para realizar el arranque de un motor trifásico. El banco de control industrial electromecánico se encuentra en el laboratorio de instalaciones industriales. Al contar con elementos y equipos como borneras, contactores, un autotransformador trifásico se podrá realizar distintas prácticas.

El diseño estructural y eléctrico del maletín didáctico y el banco de control industrial electromecánico se adjunta en los anexos del presente documento.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Implementar un sistema de control que permita la automatización y simulación de los diferentes tipos de arranque de un motor trifásico.

1.5.2 *Objetivo específico*

- Aplicar sistemas de control y monitoreo para los tipos de arranque de motor trifásico.
- Dimensionar y seleccionar los equipos a utilizar para el diseño y construcción de un módulo didáctico.
- Realizar prácticas demostrativas para aplicar el módulo.

1.6 Marco metodológico.

Se utilizó el método analítico y el deductivo para resolver la problemática que tiene la carrera de Ingeniería Eléctrica, por lo cual se propuso este proyecto. Los elementos cuentan con distintos parámetros que deben ser considerados para su funcionamiento (voltaje, corriente, método de comunicación, conexión y protecciones), además todo fue pensado para que el módulo sea compacto. Una vez escogidos los elementos a utilizar se procedió a realizar el diseño de la estructura metálica.

CAPUTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Motor de inducción.

Los motores de inducción trifásicos son los motores más utilizados en las industrias gracias a su resistencia y su facilidad de operación. Estos motores se componen de dos partes principales: el estator estacionario y el rotor giratorio.

El estator consta de consta de un armazón de acero que soporta un núcleo cilíndrico compuesto de láminas.

Existen dos tipos de rotores:

- Rotor devanado.
- Rotor de jaula de ardilla.

El rotor de jaula de ardilla se compone de barras de cobre desnudo, que son insertadas en ranuras y soldadas con dos anillos para cortocircuitar todas las barras.

Un rotor devanado tiene un devanado trifásico similar al estator, por lo general las tres fases de los devanados del rotor están conectados en estrella, los extremos de los tres alambres están conectados a los anillos colectores del eje del rotor y están cortocircuitadas [1].

El principio de funcionamiento del motor de inducción es explicado mediante la ley de Lorentz que indica que al pasar corriente por una bobina se crea un campo magnético, el sentido de este campo varia con forme varía el ángulo de la línea de alimentación. Existen tres grupos de bobinas que son alimentadas por tres fases que se encuentran desfasadas 120° entre sí, estas bobinas generan campos magnéticos en una dirección, lo que produce el movimiento del rotor [2].

La ley de Lorentz está definida por la siguiente ecuación:

$$F = q * v * B * \text{Sen}(v \wedge B)$$

ECUACIÓN 1: FUERZA DE LORENTZ [3].

La velocidad de giro del rotor es diferente a la velocidad del campo magnético del estator que es impuesta por la red de alimentación trifásica, el rotor gira a menor velocidad que la velocidad de sincronismo esto es gracias al deslizamiento de la máquina [4].

La velocidad de rotación del campo magnético está dada por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{120f_e}{P}$$

ECUACIÓN 2: VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO.

Donde f_e es la frecuencia del sistema y P es el número de polos.

El deslizamiento está expresado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{n_{sinc} - n_m}{n_{sinc}}$$

ECUACIÓN 3: DESLIZAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN [5].

2.2 Diagrama equivalente el motor trifásico

El esquema que representa al motor de inducción es parecido al del transformador ya que al alimentar el estator con la red se crea un campo magnético que induce una **FEM** en el circuito del rotor. En el estator tenemos una resistencia y una reactancia de dispersión de la bobina [6].

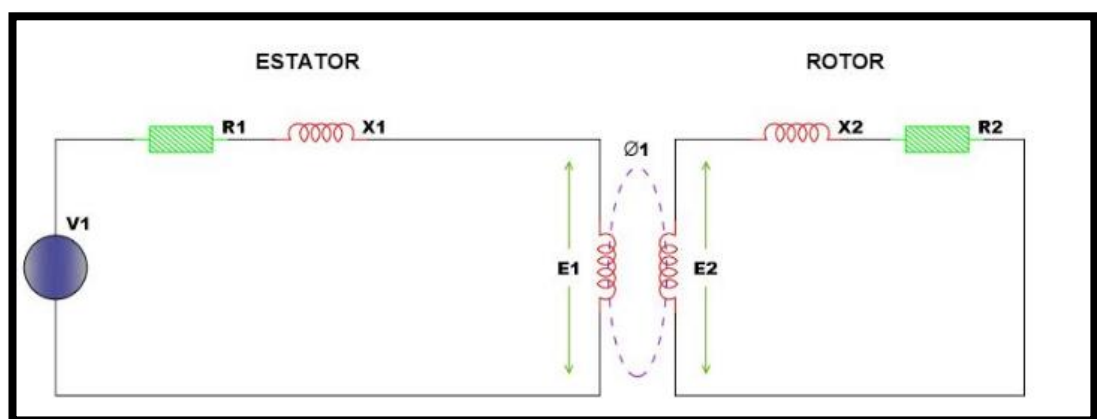


FIGURA 1: CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR.

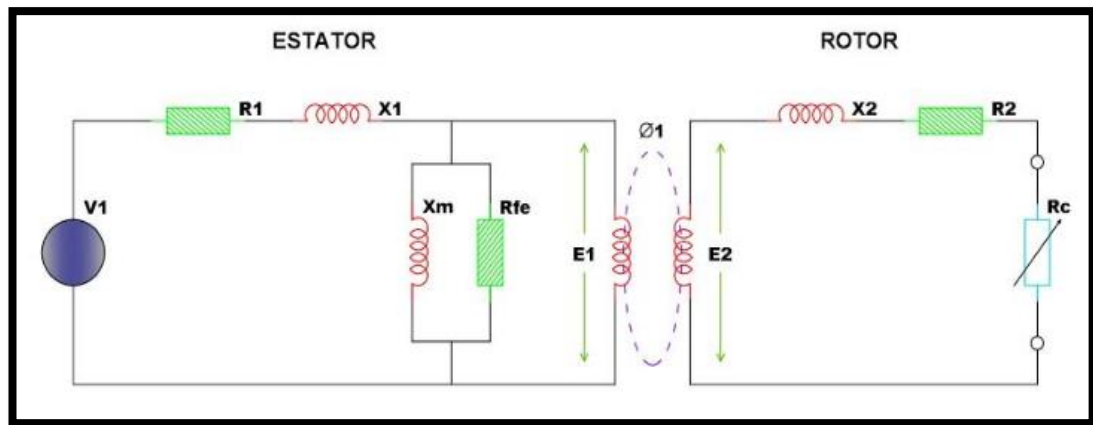


FIGURA 2: CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN

El circuito del rotor posee una resistencia y una inductancia creada por el mismo inductor y además también existe una resistencia variable creada por la carga mecánica que existe en el motor. La frecuencia eléctrica en el rotor está influenciada por el deslizamiento de la máquina y las variables en el lado del rotor dependen de la frecuencia eléctrica presente en el rotor [4].

La ecuación de la resistencia eléctrica que equivale a la carga mecánica del motor sale a partir de la búsqueda de la corriente en el circuito del rotor y está definida por la siguiente ecuación [7].

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2}$$

ECUACIÓN 4: LEY DE OHM

La frecuencia eléctrica se encuentra influenciada por el deslizamiento de la máquina por lo cual la frecuencia en el rotor será $s f_e$. Al presentarse esta frecuencia en el circuito del rotor se producirá un cambio en las variables de esta.

La ecuación para obtener la corriente en el circuito del rotor queda de la siguiente manera:

$$I_2 = \frac{SE_2}{Z_2}$$

$$I_2 = \frac{SE_2}{R_2 + jSX_2}$$

Dividimos para el desplazamiento para que solo un término dependa de él

$$I_2 = \frac{SE_2}{R_2 + jSX_2} * \frac{1/S}{1/S} = \frac{E_2}{\frac{R_2}{S} + jX_2}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\frac{R_2}{S} + jX_2}$$

Ahora solo la resistencia depende del deslizamiento de la máquina, se aplica algebra para separar a la resistencia del circuito del rotor y de la carga.

$$I_2 = \frac{E_2}{\frac{R_2}{S} + jX_2 + R_2 - R_2} = \frac{E_2}{R_2 + jX_2 + \frac{R_2}{S} - R_2}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R_2 + jX_2 + R_2(\frac{1}{S} - 1)}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R_2 + jX_2 + R_2(\frac{1}{S} - 1)}$$

Representa la
resistencia
del rotor

Representa la
resistencia de
deslizamiento

La resistencia de la carga mecánica que se le aplica al motor está definida por la siguiente formula.

$$R_c = R_2(\frac{1}{S} - 1)$$

ECUACIÓN 5.- RESISTENCIA DE CARGA [4].

2.3 Normas y simbología

Existen dos instituciones que se encargan de realizar y revisar normas que envuelven a los motores eléctricos, estas normas buscan garantizar el correcto funcionamiento de los motores, estas instituciones son:

- Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC)

- Asociación de fabricantes eléctricos nacionales (National Electrical Manufacturers Association, Nema)

Por la ubicación de la sede principal los fabricantes americanos suelen acoger a la norma NEMA ya que la sede de esta organización se encuentra en Virginia, Estados Unidos. La sede principal de la organización IEC se encuentra en Ginebra, Suiza, se apega mayormente a países europeos y asiáticos.

Dependiendo de la norma a la que se rigen tendrán diferentes voltajes de alimentación y distinto nombre en los terminales de alimentación. En los motores fabricados bajo la norma NEMA los cables de conexión son marcados con números desde el 1 al 12 y sus voltajes de alimentación tienen una relación 1:2. Los motores fabricados bajo la norma IEC son marcados con la combinación de las letras U, V, W y los números del 1 al 6 y tienen voltajes de alimentación de relación $1:\sqrt{3}$ [8],[9].

2.4 Conexiones

2.4.1 Conexión de motores de seis terminales

Los motores trifásicos de jaula de ardilla pueden ser conectados de distintos modos dependiendo de la red de alimentación que disponemos y de la cantidad de terminales que tiene el motor. Por lo general encontramos a motores de seis terminales y se pueden conectar de dos maneras:

- Conexión en estrella
- Conexión en triángulo

Conexión en estrella.

En la conexión estrella la intensidad que recorre por cada fase es igual a la intensidad que corre por cada línea, pero la tensión que se aplica a cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la tensión de línea.

Se respeta entonces que $U_f = U_l/\sqrt{3}$ y que $I_f = I_l$

En esta conexión se unen los terminales de salida de los tres grupos de bobinas y se alimenta la entrada con el voltaje que indica el fabricante. Por lo general esta conexión

se la somete a un voltaje mayor que al voltaje en conexión delta por lo cual consume menos corriente.

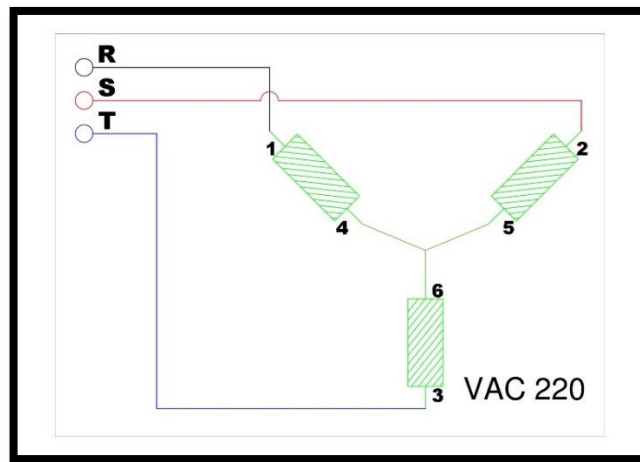


FIGURA 3: CONEXIÓN ESTRELLA 6 TERMINALES

Conexión en triángulo

En la conexión en triángulo, la intensidad que recorre cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la intensidad de línea, pero la tensión de línea es igual a la tensión de fase.

Se respeta entonces que $U_f = U_l$ y que $I_f = I_l/\sqrt{3}$

En este tipo de conexión se une el terminal de salida de un grupo de bobinas con el terminal de entrada de otro grupo, esto se realiza para los tres grupos de bobinas y en la conexión de estos se conecta la alimentación. Por lo general en ese tipo de conexión del voltaje de alimentación es menor al voltaje que se le aplica a la conexión en estrella, por lo tanto, consume mayor corriente [10].

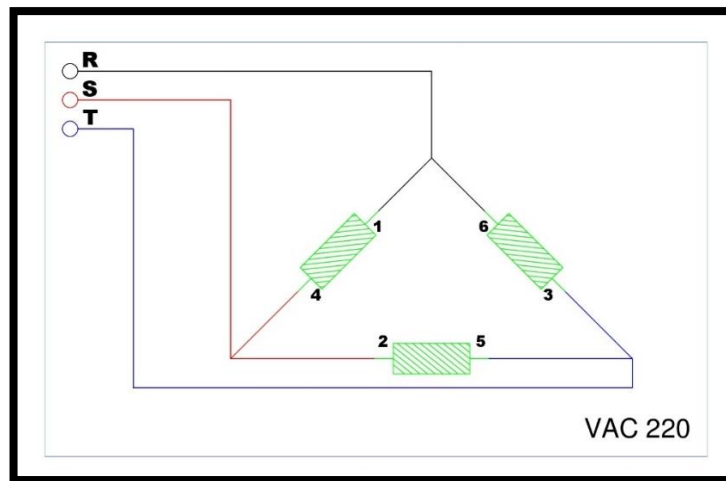


FIGURA 4: CONEXIÓN DELTA 6 TERMINALES

2.4.2 Conexión de motores de nueve terminales

Para la conexión motores de nueve términos utilizamos las mismas formas de conexión que la de seis terminales solo se hacen conexiones en serie y paralelo entre los grupos de bobinas.

Conexión estrella

Se la suele utilizar para el arranque de motores a un mayor voltaje por lo cual la corriente consumida es menor, se la suele utilizar para poner en funcionamiento al motor sin que las protecciones accionen por picos de corriente.

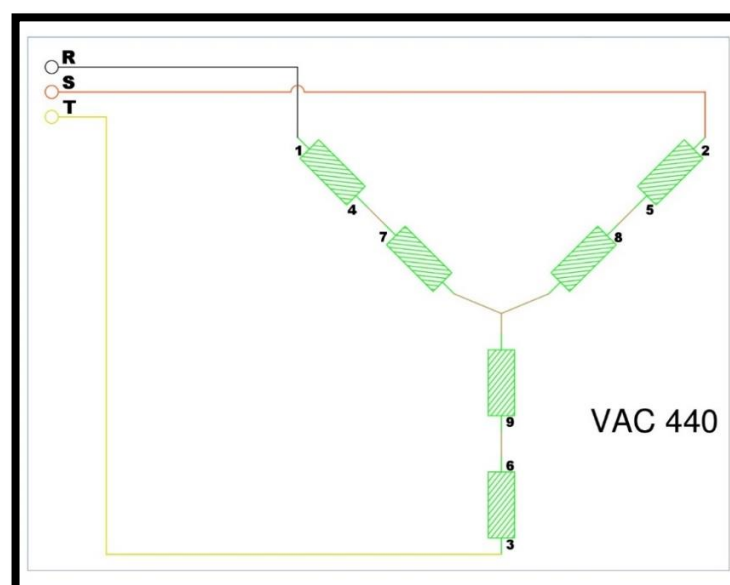


FIGURA 5: CONEXIÓN ESTRELLA 9 TERMINALES

Conexión doble estrella

Se la utiliza para el arranque de motores a menor voltaje por lo cual la corriente consumida es mayor, se la suele utilizar para alcanzar el pleno funcionamiento de motores

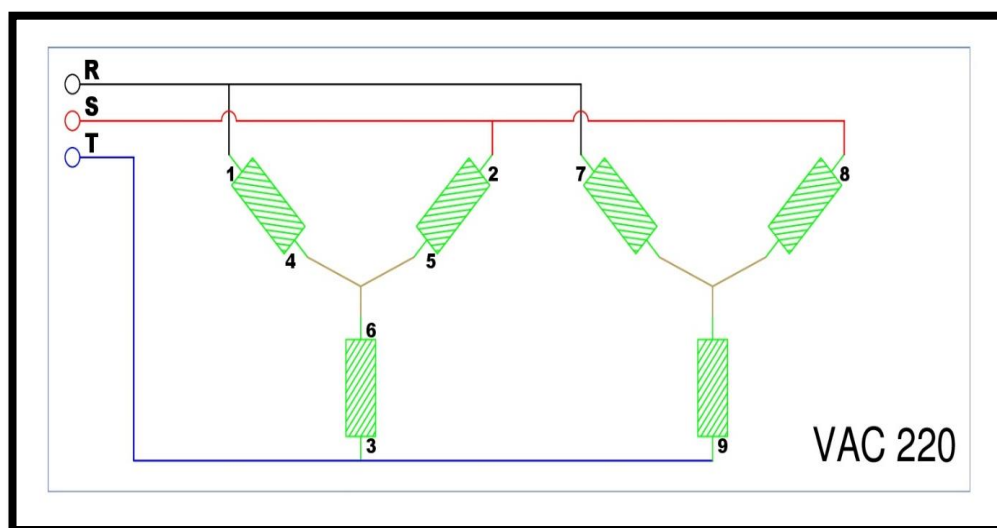


FIGURA 6: CONEXIÓN DOBLE ESTRELLA 9 TERMINALES

Conexión delta

Se la suele utilizar para el arranque de motores a un mayor voltaje por lo cual la corriente consumida es menor, se la suele utilizar para poner en funcionamiento al motor sin que las protecciones accionen por picos de corriente.

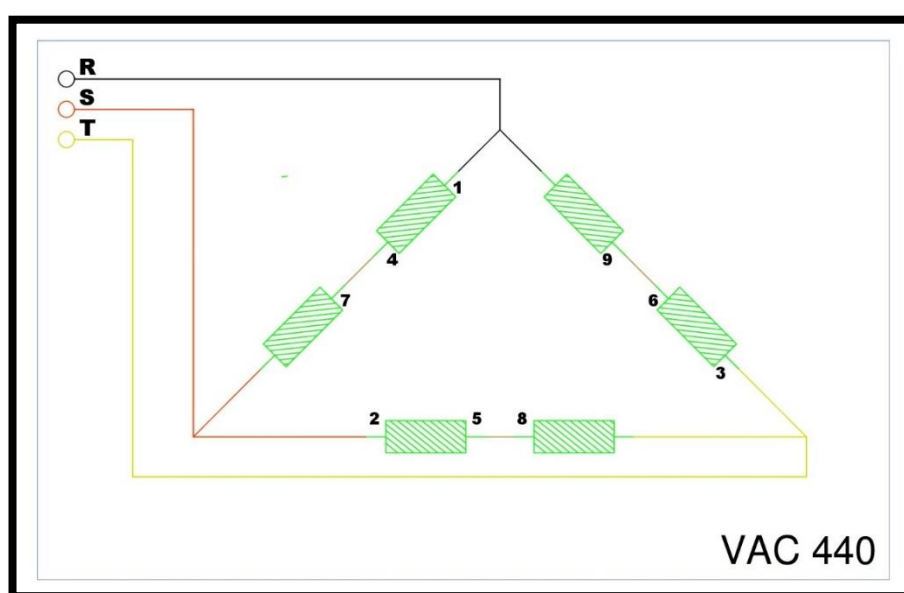


FIGURA 7: CONEXIÓN DELTA 9 TERMINALES

Conexión doble delta

Se la suele utilizar para el arranque de motores a menor voltaje por lo cual la corriente consumida es mayor, se la suele utilizar para alcanzar el pleno funcionamiento de motores (NEMA, IEC).

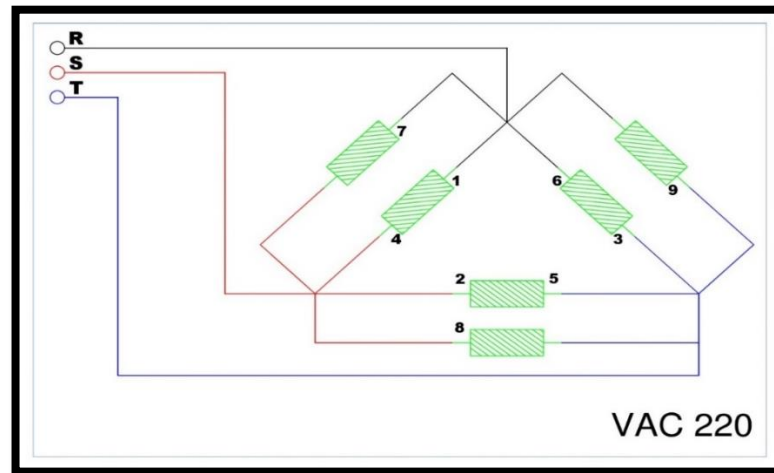


FIGURA 8: CONEXIÓN DOBLE DELTA 9 TERMINALES

2.4.3 Conexión de motores de doce terminales

Las conexiones de motores de doce terminales es igual a las conexiones de motores de nueve terminales y tienen las mismas funciones.

Conexión estrella

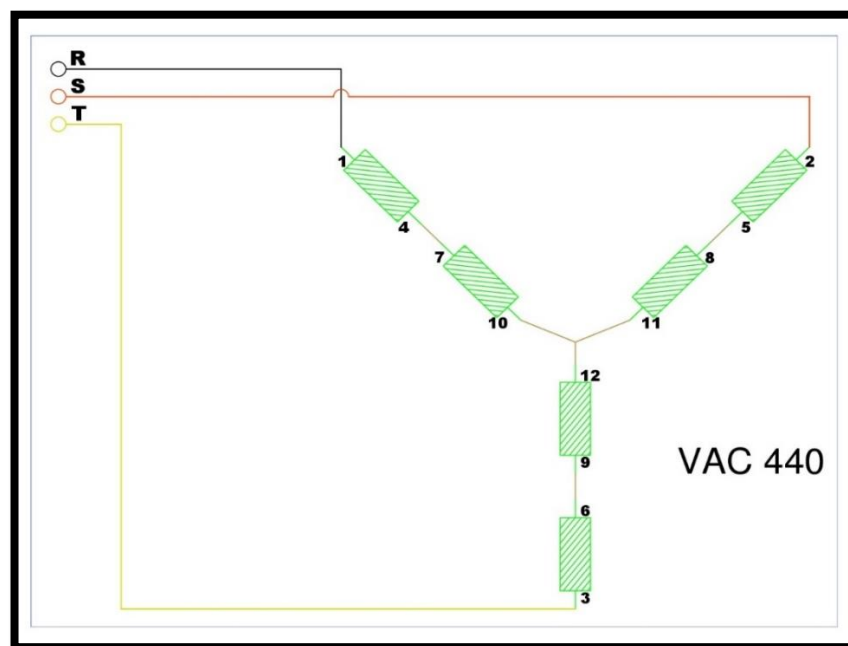


FIGURA 9: CONEXIÓN ESTRELLA 12 TERMINALES

Conexión doble estrella

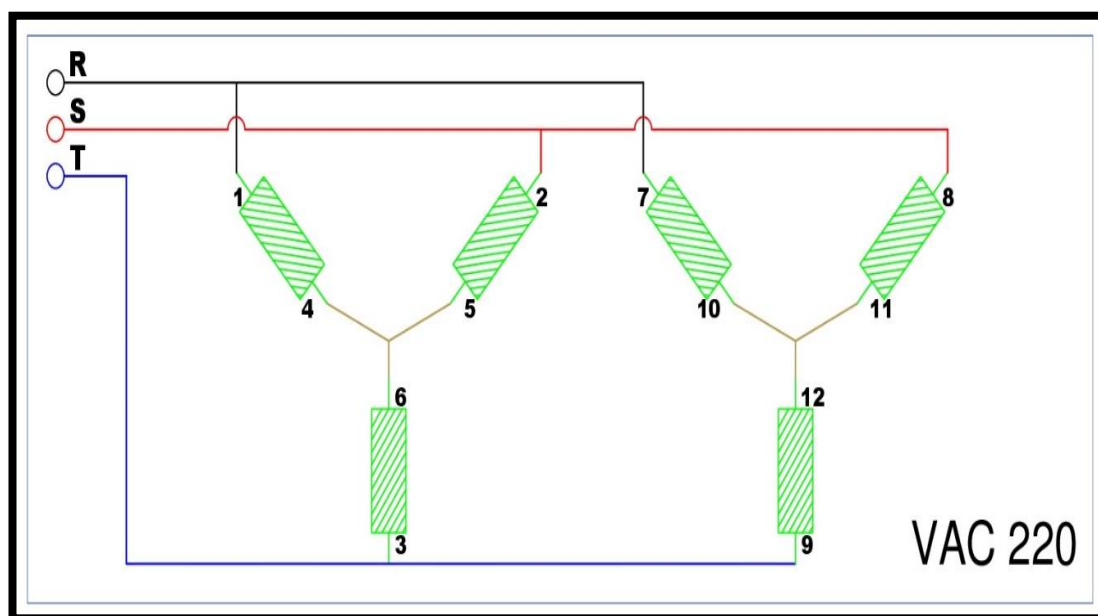


FIGURA 10: CONEXIÓN DOBLE ESTRELLA 12 TERMINALES

Conexión delta

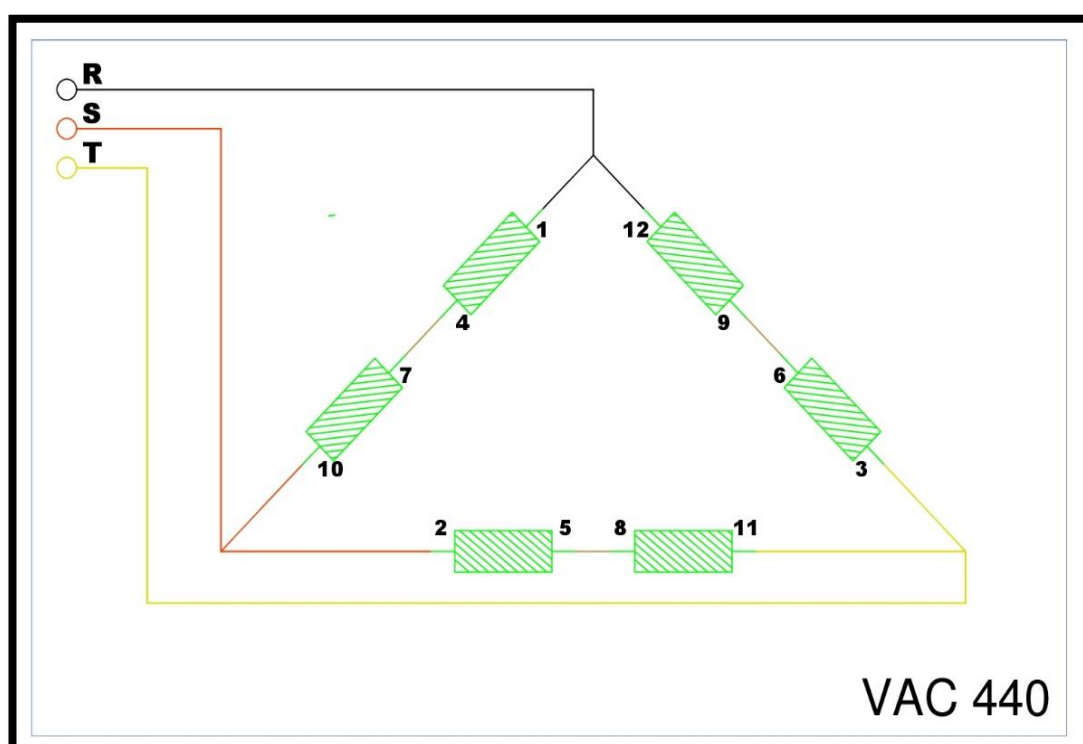


FIGURA 11: CONEXIÓN DELTA 12 TERMINALES.

Conexión doble delta

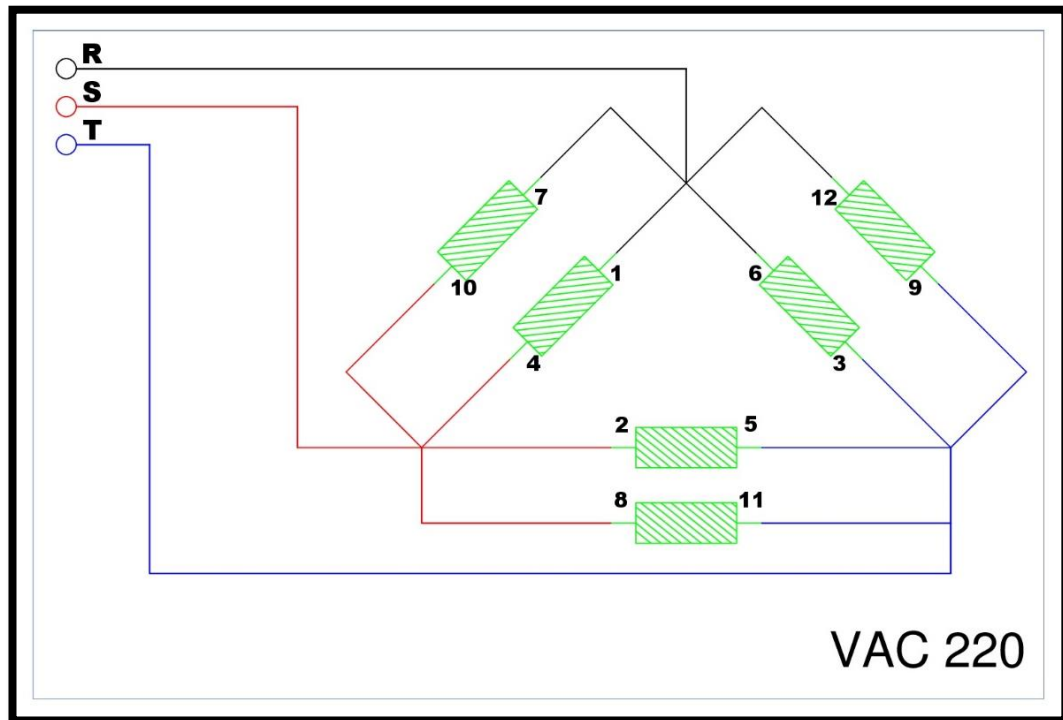


FIGURA 12: CONEXIÓN DOBLE DELTA 12 TERMINALES.

2.5 Tipos de arranques

2.5.1 Arranque directo

Es el método más sencillo ya que los devanados están conectados directamente a la red por un proceso de conmutación simple. Como resultado de esta aplicación se obtienen corrientes de arranque altas que causan caídas de tensión en la red.

Las líneas que se conectan a la red y alimentan al motor deben ser capaces de soportar los picos de corriente producidos por este tipo de arranque que están entre cinco y ocho veces la corriente nominal.

El arranque directo crea un estrés térmico en los devanados del motor por lo cual se reduce el tiempo de vida de los devanados [11].

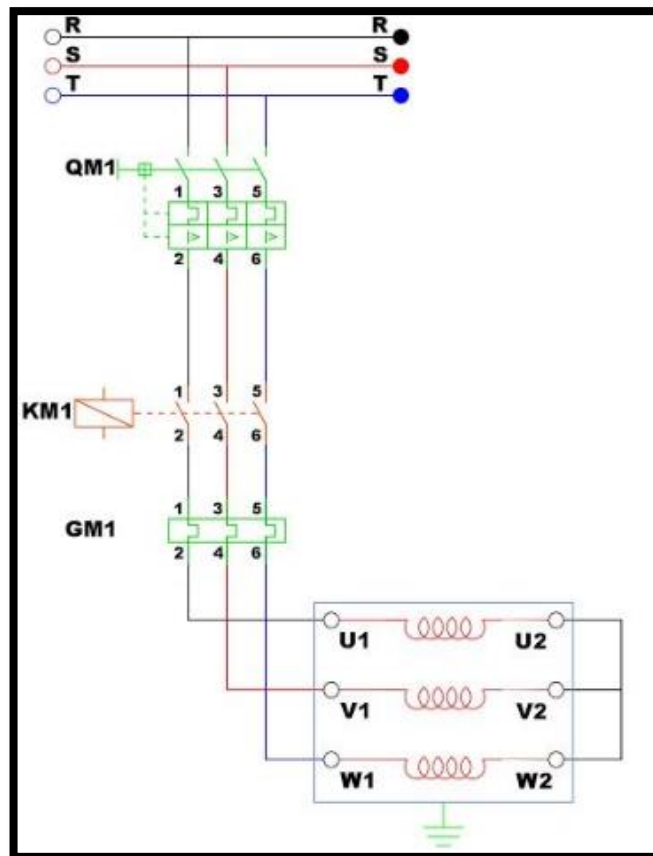


FIGURA 13: CIRCUITO DE FUERZA PARA ARRANQUE DIRECTO

2.5.2 Arranque estrella – triángulo

Es el tipo de arranque más empleado para el arranque de motores trifásico, consiste en conectar el motor en estrella durante el periodo de arranque y, una vez lanzado, conectarlo en triángulo para que quede conectado a la tensión nominal. Es necesario intercalar entre el motor y la línea un conmutador que realiza las conexiones de los extremos del bobinado del motor sin realizar las conexiones en la placa de bornes.

La conmutación de estrella a delta se debe hacer tan rápidamente como sea posible para eliminar grandes corrientes transitorias debidas a la pérdida momentánea de potencia.

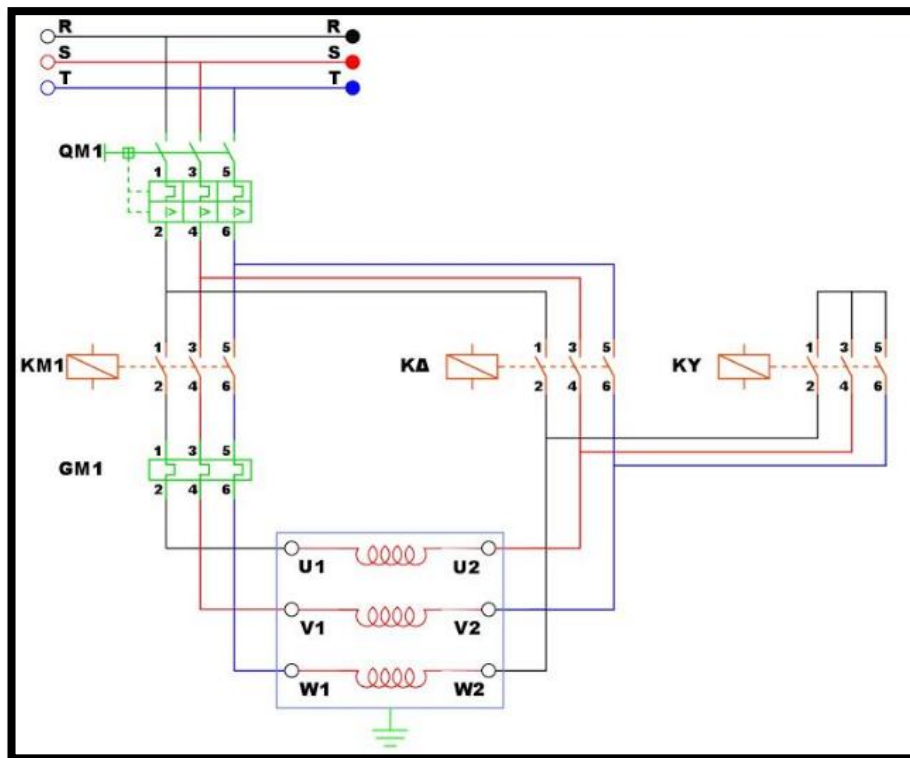


FIGURA 14: CIRCUITO DE FUERZA DE ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO.

La configuración en estrella-triángulo solo es adecuada para aparatos con un par de carga baja. El paso de la conexión en triángulo provoca un aumento espectacular de la corriente, así como toda la tensión de red en los devanados del motor [12].

2.5.3 Arranque por autotransformador

Este arranque consiste en intercalar entre la red y el motor un autotransformador, este tiene distintas tomas de tensión. En el momento del arranque, al motor se le aplica la tensión menor y se le va elevando de forma progresiva hasta dejarlo conectado a la tensión de red. Si el motor no puede acelerar al voltaje mínimo, se debe probar con salidas de mayor voltaje hasta que se obtenga el par adecuado y deseado de arranque.

El autotransformador funciona de dos maneras para reducir la corriente que se toma de las líneas:

Reduciendo la corriente de arranque del motor mediante una reducción de voltaje.

Reduciendo la corriente de arranque mediante la relación de vuelta del transformador bajo la cual la corriente de línea del primario es menor que la del secundario del motor [13].

2.5.4 Arranque con resistencias en serie.

Consiste en conectar un reóstato variable en serie a bobinado. La puesta en marcha se realiza con el reóstato al máximo de resistencia y se le va disminuyendo hasta que el motor quede conectado a la tensión de red.

2.5.5 Arranque con arrancador suave.

Los arrancadores suaves son dispositivos que cuentan con un circuito de electrónica de potencia compuesto por tiristores. Realizan el trabajo de controlar la tensión con la que es alimentado el motor, disminuyendo la corriente de y controlando el par de arranque del motor.

Algunas de las ventajas de usar un arrancador suave en comparación al arranque directo de un motor son:

- Reducción del desgaste mecánico, lo que aumenta la vida útil del motor debido al control del par de arranque.
- Respuesta a fallos de fase y sobretensiones.
- Mayor fiabilidad.
- Reducción del mantenimiento.

Para elegir un arrancador suave tenemos que tener en cuenta tres tópicos principales:

- ***Tensión de motor***, dependiendo el nivel de tensión con el que se alimente el motor.
- ***Numero de arranques***, es importante saber cuántas veces arranca el motor ya que estos equipos cuentan una cierta cantidad de número de arranques que permite elegir con mayor exactitud el equipo que se necesite.
- ***Potencia del motor***, de acuerdo con el fabricante existen tablas que exigen conocer el voltaje y aplicación que se le dé al arrancador suave.

2.5.6 Arranque con variador de frecuencia.

También conocido como variador de velocidad, estos dispositivos son utilizados en los arranques de motores y son capaces de ajustar la frecuencia, por lo tanto, ajustar la velocidad del motor.

Al controlar la frecuencia de su salida permite reducir los desgastes mecánicos en el motor. Las ventajas que ofrece usar este equipo son:

- Reducen los desgastes mecánicos
- Control de velocidad
- Control de flujo
- Control de presión
- Control de temperatura
- Control de aceleración
- Control de tensión
- Control de par motor
- Monitoreo

Analizando las virtudes de este dispositivo podemos concluir que el motor siempre trabajara en óptimas condiciones y dando indicadores de alarma en caso de que se presenten.

2.6 Variables y medidores.

Existen muchos tipos de variables eléctricas en nuestro campo, las variables que encontraremos en el funcionamiento del motor trifásico son:

- *Voltaje alterno (VAC).*
- *Corriente alterna (AAC).*
- *Potencia activa.*
- *Potencia reactiva.*
- *Frecuencia.*

Los equipos que por lo general se utilizan para medir estas variables eléctricas son: Vatímetros, voltímetros, amperímetros.

Para nuestro caso no se utilizarán esos equipos de medición. Las señales serán obtenidas a través de un de un tablero con transductores, el cual, fue construido por estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica para validar su tesis. Esta tesis tiene como tema: **MÓDULO DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PARÁMETROS ELECTROMECAÓNICOS PARA EL LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES.**

2.7 Adquisición de datos

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de observar con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido; para realizar un control de estas variables y poder tomar acciones en un proceso.

Un sistema DAQ consiste en sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándar en la industria; proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable [14].

Según la National Instrument, la adquisición de datos está conformada de tres etapas.



FIGURA 15: ADQUISICION DE DATOS [14]

2.8 Sistema de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) están conformados por: sensores, dispositivo DAQ, bus de comunicación, PC, software controlador, software de almacenamiento de datos, herramientas de análisis, de visualización y herramientas para reportes [14],[15].

2.8.1 Sensor

Un sensor es un dispositivo que te permite transformar las señales físicas en señales eléctricas que se pueden medir. En el mercado existen muchos tipos de sensores, estos se pueden distinguir de otros por la señal que se va a medir, por la señal de salida que entrega (DC, AC), precisión de medida, tiempo de muestra, costos, resistencia al ambiente en el que este expuesto y tiempos de mantenimiento.

Los tipos de fenómenos físicos que pueden medir los sensores son:

- Luminosidad
- Temperatura
- Distancia
- Aceleración
- Velocidad
- Humedad
- pH
- Sonido
- Presión
- Fuerza

2.8.2 Transductor

La función de los transductores es la misma que la de los sensores, la diferencia es el tipo de señal de entrada a medir. Los transductores transforman el nivel de un tipo de energía eléctrica en otra, suelen utilizar una pequeña parte de la señal eléctrica para realizar la conversión de la misma.

Las magnitudes eléctricas de los transductores pueden medir son:

- Voltaje AC y DC
- Corriente AC y DC
- Potencia activa y reactiva
- Factor de potencia
- Frecuencia

Las señales eléctricas que se usan normalmente a las salidas de estos dispositivos en la industria son:

- 0 – 5 VDC
- 0 – 10 VDC
- 0 – 20 mADC

Las variables electromecánicas “W”, “VAR” y “Hz”, se producen a partir del funcionamiento de motores o generadores, incluso en cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

Para adquirir y procesar estas variables, se emplea Transductores de Potencia Activa (W), Potencia Reactiva (VAR) y Frecuencia (Hz), los cuales, con características específicas, permiten medir señales de entrada de 0 hasta 5AAC y de 0 hasta 250VAC en el caso de los transductores de potencia activa y reactiva, y en el caso de los transductores de frecuencia, de 0 hasta 100Hz y de 0 hasta 250VAC [16].

2.8.3 Dispositivos de adquisición de datos.

Estos dispositivos permiten hacer la lectura de las señales eléctricas que los sensores y transductores proporcionan.

Un dispositivo DAQ es un interfaz entre el PC y las señales del mundo, puede hacer la lectura de las señales en periodos de tiempo muy cortos para dar una respuesta al instante. Entre los DAQ podemos encontrar a los controladores lógico programable (PLC) que son muy utilizados por nivel de resistencia en los ambientes industriales, por su precisión y rentabilidad.

Los dispositivos DAQ se conectan a PCS a través de un puerto, este puerto usa un protocolo de comunicación y puede variar dependiendo del nivel en el que se usa el DAQ en los niveles de automatización y los fabricantes.

2.9 Comunicación

2.9.1 PLC

Los PLC son muy utilizados en la actualidad para la automatización de procesos sobre todo en las industrias. Son equipos que mediante señales binarias o analógicas de entrada (enviadas por un actuadores, interruptores o sensores) pueden recibir información de un campo y mediante la programación aplicada al PLC obtener una o varias salidas para resolver un problema dado.

El PLC utilizado en el módulo es el S7 1200 DC/DC/DC de la marca SIEMENS. Para la configuración del PLC se utiliza el programa TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal) de SIEMENS, el cual ofrece una interfaz amigable para la programación y visualización del proceso [17].

Podemos programar el PLC mediante estos tres tipos de lenguaje:

- AWL: Anweisungsliste “STL”, Lista de instrucciones.
- FBS: Funktionsbausteinsprache “FUP”; Diagrama de funciones.
- KOP: Kontaktplan “Ladder” Diagrama de contactos.

2.9.2 Redes de comunicación

Una red está conformada por un conjunto de dispositivos inteligentes que son capaces de compartir recursos. Dependiendo de la necesidad o seguridad que se le desee brindar al sistema, estos dispositivos pueden conectarse de distintas maneras. A estas formas de conexión se les denomina topologías de red y existen las siguientes:

- Tipo Bus
- Tipo Estrella
- Tipo anillo
- Tipo Árbol

2.9.3 Protocolo de comunicación

Los protocolos de comunicación industrial son aquellas que se rigen a un modo de transmisión de información entre distintos tipos de elementos de la red en la que se encuentran.

El protocolo empleado en la comunicación del PLC y la PC es el TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) solo basta con configurar la dirección IP de los equipos para su correcta comunicación. La conexión se la realiza mediante un cable de red (Cable UTP) siguiendo la normativa 568 B que aplica en la conexión de equipos de comunicaciones.

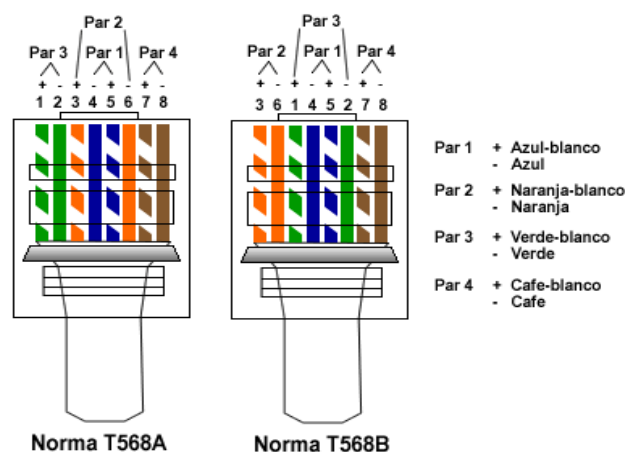


FIGURA 16: NORMA DE CONEXIÓN CABLE UTP [18]

Para que no haya problemas de comunicación en ambientes donde hay muchos equipos que generan campos magnéticos, Siemens recomienda utilizar el cable PROFINET que es un cable multipar que ofrece doble apantallamiento entre los pares de cables.

2.10 Labview

Labview es un programa que permite el diseño, control y pruebas de procesos. Su creador es la empresa National Instrument y es muy utilizado gracias a su fácil modo de programación (gráfica). Al pasar del tiempo ha tenido varias actualizaciones al punto de no solo reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones sino también de permitir la comunicación con otros equipos de adquisición de datos o hardware [19].

La versión utilizada para este proyecto es LabVIEW 2017, este además de contar con más herramientas tiene una interfaz mucho más fácil de comprender y más ordenada, lo cual facilita en gran manera el diseño de un proceso y reduce el tiempo invertido.

En este proyecto se utilizó la herramienta Labview para mostrar mediante la PC las variables de corriente y voltaje que llegan al PLC. Gracias a Labview y su fácil lenguaje de programación (gráfico) se pudo simular el arranque de un motor trifásico, controlarlo y conocer las variables que el motor entrega [20],[21].

2.11 OPC server

El OPC Server es un interfaz que permite la comunicación entre un cliente y uno o varios proveedores. Los proveedores son aquellos dispositivos que permiten la adquisición de datos mediante la conexión con elementos del nivel de campo; los clientes son software que adquieren datos para procesarlos, almacenarlos y mostrarlos.

La importancia del OPC Server radica en el problema que existe al tratar de comunicar a clientes y proveedores de distintos fabricantes. Este problema es el resultado de utilizar distintos protocolos de comunicación o no tener las características de hardware necesarias. Entre los problemas más comunes que se pueden encontrar son las inconsistencias que se presentan en el proceso o conflictos al ingresar al sistema.

La OPC FOUNDATION definió el estándar que permite al cliente conectarse a cualquier proveedor como por ejemplo los PLC (controlador lógico programable) con lo que se puede obtener y enviar datos en tiempo real [22].

3 CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO PARA SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS.

Una de las finalidades del módulo es tener una herramienta con la cual se puedan hacer pruebas y reforzar los conocimientos impartidos en las clases de automatización. Otra finalidad es que sea de fácil movilidad por lo cual el diseño debía ser lo más compacto posible, esto permitirá que los estudiantes y profesores no solo utilicen el módulo para la clase de automatización, sino también para comunicarlo con equipos de otras ramas de estudio y al final obtener prácticas de sistemas grandes como lo que se ejerce realmente en el ámbito profesional. El módulo didáctico en general al igual que algunos accesorios pasaron por varios modelos y correcciones. Más adelante encontrará imágenes del módulo de automatización, de su estructura y de la distribución que se usó.

3.1 Diseño y construcción del gabinete metalito.

El gabinete para este proyecto está hecho de planchas de acero de 1.4 mm. Para la construcción del mismo se pasaron las siguientes etapas:

3.1.1 Etapa de corte

Primero se debe tener claro el diseño a seguir, el cual fue hecho en el programa Autocad. Una vez completado y aprobado el diseño se prosiguió a llevar las planchas de acero de 1.4 mm a la máquina de corte, la maquina cuenta con una cuchilla que baja y hace cortes precisos y rectos, debe ser utilizada con toda la precaución posible y los equipos de seguridad.

3.1.2 Etapa de troquelado

Luego de hacer los cortes se separa a la plancha en las que se harán agujeros, está plancha es la que lleva a los selectores, jacks, pulsadores y voltímetros.

Se procede a llevarla a la troqueladora que mediante un plano con las medidas haces los cortes de forma precisa.

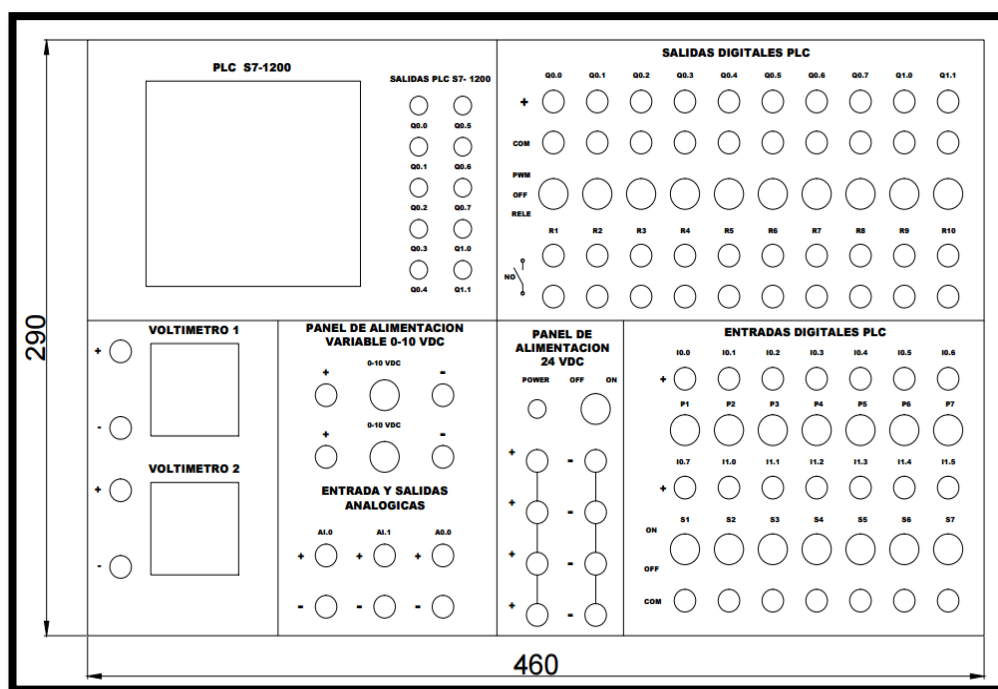


FIGURA 17: VISTA SUPERIOR DE PLACA DE SEÑALES TROQUELADA



FIGURA 18: MAQUINA DE TROQUELADO.

3.1.3 Dobladora

Una vez cortada y troqueladas las planchas se las lleva a una máquina para hacer los dobleces con la cual se le dará la forma de maletín a las planchas. En esta máquina también se realizan pequeños dobleces que permiten a las tapas descansar sobre parte de la estructura del maletín.

3.1.4 Soldadura

Una vez dobladas las planchas pasan al área de soldadura donde se unen todas las piezas del maletín y se sueldan los pernos para la sujeción de la tapa porta cables y el acrílico.

3.1.5 Lavado y pintado

Al pasar por el área de soldadura contamos con una estructura compacta y ya definida. Antes de aplicarle pintura se la sumerge en tinas para el desoxidado del material y para el desengrasado.

Luego de esto pasa al área de pintado, el maletín ingresa a un compartimiento cerrado donde se le aplican varias capas de pintura electroestática.

El siguiente proceso es llevarlo a un horno para el secado de la pintura, el resultado es un tablero con forma de maletín que tiene las siguientes medidas:

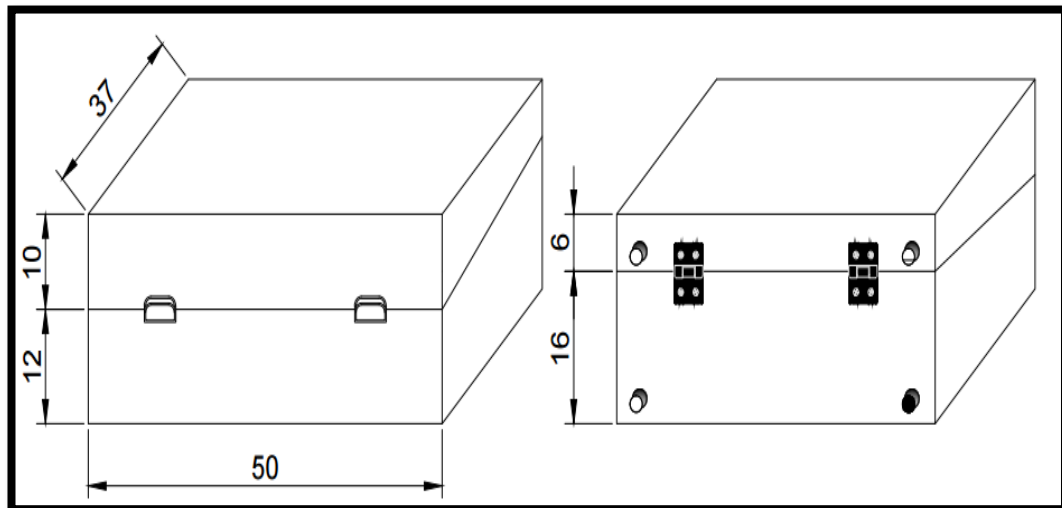


FIGURA 19: DIMENSIONES EXTERIORES DEL MÓDULO DIDACTICO

3.2 Distribución de tapa de toma de señales del módulo.

Los elementos de la tapa están ordenados según la función que tendrán, en ella encontramos las siguientes partes:

Visualización: Conformada por unacrílico que permite la vista del PLC y luces piloto que indican la activación de las salidas del PLC.

Salidas: Conformada por diez selectores de dos posiciones que escogerán el funcionamiento de la salida del PLC y jacks para la toma de señales.

Medición: Conformada por dos voltímetros analógicos que tienen un rango de medición de 0V a 30 Vdc y permitirán la medición de las señales analógicas del regulador de voltaje o de cualquier otro punto del circuito que contiene 24 Vdc.

Alimentación variable: Conformada por dos tarjetas reguladoras de 0vdc a 10Vdc y los jacks que entregan la señal de salida de la tarjeta.

Entradas y salidas analógicas.: Conformada por jacks que se conectan a los terminales e entrada y salidas analógicas del PLC S7 1200.

Panel de 24 Vdc: Conformado por un selector de dos posiciones para la activación y desactivación del panel, una luz piloto para la señalización de encendido y ocho jacks para la obtención de 24 VDC (4 para obtener positivo y 4 para el común).

Entradas digitales: Conformado por siete pulsadores verdes, siete selectores de dos posiciones, catorce jacks azules para la salida de una señal positiva al sistema y siete jacks blancos para obtener la línea común.



FIGURA 20: TAPA PARA LA TOMA DE SEÑALES.

3.3 Distribución de equipos y elementos en el interior del módulo.

La distribución interior se la realizo tomando en cuenta las actividades de mantenimiento del módulo. Consiste en la colocación de canaletas que cubren los laterales del plafón formando un marco y una canaleta colocada en la mitad que forma un camino horizontal entre los dos laterales.

En la parte superior se encuentra el PLC, la fuente de 24VDC, las borneras y una tarjeta porta fusibles.

En el marco inferior se encuentra una tarjeta porta fusibles que le brinda protección únicamente a las salidas del PLC y junto a ella diez relés que son sujetados mediante un riel din.

Esta distribución permite el fácil cableado y visualización de los elementos conectados. Cuando existan cambios de elementos por labores de mantenimiento no habrá problemas debido a que los conductores se encuentran distribuidos de manera ordenada en las canaletas.

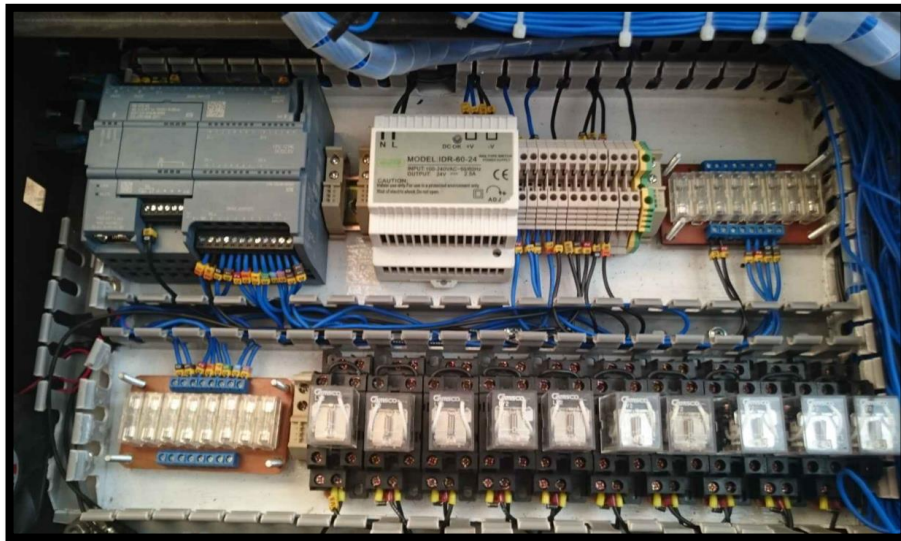


FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL TABLERO.

3.4 Dispositivos instalados.

3.4.1 PLC

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 nos permite controlar una gran variedad de dispositivos para distintas tareas de automatización. Su diseño compacto y fácil manejo lo hace muy atractivo en el campo de la automatización industrial.

El PLC usado en este proyecto es el S7 1200 DC-DC-DC tiene incorporado un microprocesador, una fuente de alimentación de 24 VDC integrada y los bloques de entradas y salidas analógicas y digitales. Este modelo de PLC es alimentado directamente con una fuente de 24VDC exterior, sus entradas y salidas también se conectan a señales de 24VDC a diferencia de otros PLC en los cuales se les puede conectar otro tipo de señal en el bloque común de las salidas [23].

La ventaja es que podemos obtener salidas con tren de impulsos, es decir, reguladas a distintos tipos de frecuencia en cuatro de las diez salidas que ofrece el PLC [17].

Nos ofrece varias instrucciones para la programación, podemos hacer programas que incluyan lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas y mediante módulos de comunicación puede ser conectado a otros PLC y a otros dispositivos inteligentes.



FIGURA 22: PLC S71200 INSTALADO.

3.4.2 Signal Board

La Signal Board permite agregar entradas y salidas a la CPU, estas pueden ser analógicas o digitales dependiendo de la necesidad del programador. La signal board se conecta en la parte frontal de la CPU, para lo cual primero se debe extraer una tapa que se encuentra en el espacio destinado a la signal board, luego se la coloca la SB en el espacio y se le presiona para que quede fija [24].



FIGURA 23: PLC CON PUERTO DE SIGNAL BOARD

Existen dos modelos de signal board y son:

- Signal board con 4 entradas/salidas digitales (2 entradas y 2 salidas).
- Signal board con 1 salida analógica.



FIGURA 24: SIGNAL BOARD

La signal board usada es la 6ES7 232-4HA30-0XB0, esta tarjeta contiene la salida analógica la cual nos permitirá hacer prácticas con variables de voltaje.

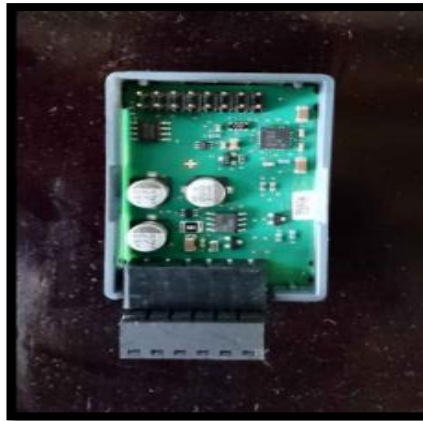


FIGURA 25: CIRCUITO ELECTRONICO DE SIGNAL BOARD.

3.4.3 Pulsadores

Los pulsadores que se utilizaron tienen un tamaño de 16 mm con recubrimiento verde (de marcha) y tienen tres terminales (común, NO y NC). Estos selectores están en la capacidad de soportar 5 amperios y la señal que controlan puede ser de 250VAC [25].



FIGURA 26: PULSADOR DE 16MM CAMSCO.

3.4.4 Selectores

Los selectores usados en este proyecto son de dos posiciones de marca Camско, el tamaño de estos selectores es de 16 mm y cuentan con tres terminales (común, NO y NC). Estos selectores están en la capacidad de soportar 5 amperios y la señal que controlan puede ser de 250VAC.



FIGURA 27: SELECTOR DE 16MM CASMSCO.

3.4.5 Relés

Los relés permiten que mediante la alimentación de su bobina los estados de los contactos cambien. Los relés usados son los LY2 de la marca Camisco los cuales cuentan con dos juegos de contacto (común, NO y NC). La alimentación del relé es a 24 VDC.



FIGURA 28: RELÉS LY2 CAMSCO [26]

3.4.6 Jacks

Los jacks usados son de tipo hembra de 4mm para conectores tipo banana. Tiene la capacidad de soportar una corriente de 32 A en una red de 600V.

Los colores utilizados son: rojo, negro, azul, verde y blanco.



FIGURA 29: JACK TIPO BANANA

3.4.7 Fuente de voltaje

LA fuente permite el cambio de alimentación de 120VAC de la alimentación exterior a 24VDC con lo cual se alimenta todo el sistema eléctrico del maletín.

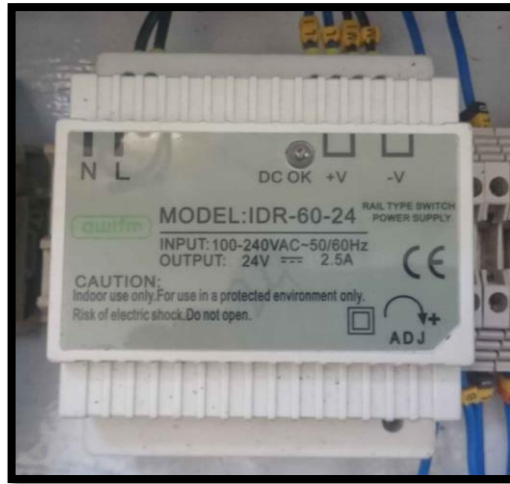


FIGURA 30: FUENTE DE PODER DE 24VDC

3.4.8 Fuente reguladora de voltaje.

La fuente de regulación se diseñó de tal manera que se puede ahorrar espacio en el plafón para una mejor distribución de los elementos. Esta tarjeta tiene una superficie de 7x3cm.

El circuito utilizado para realizar el regulador de voltaje es el que aparece en la siguiente figura.

Los elementos que integran a este regulador son:

TABLA 1: ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA TARJETA REGULADORA

TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE	
Descripción	U
Diodos rectificadores	3
Resistencia de 200 ohm	1
Resistencia de 1500 ohm	1
Integrado LM317T	1
Bornera de 2 terminales	1
Bornera de 3 terminales	1

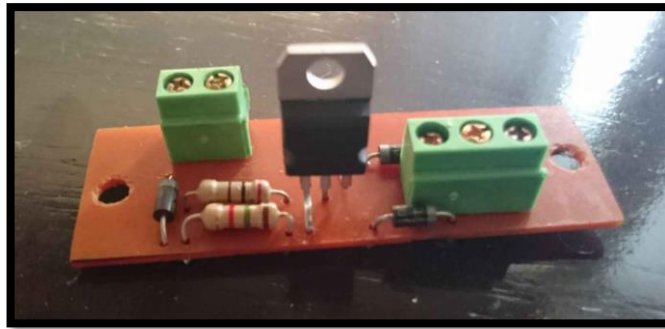


FIGURA 31: TARJETA REGULADORA DE TENSIÓN.

3.4.9 Tarjetas porta fusibles

Las tarjetas porta fusibles fueron construidas por los autores del proyecto, están destinadas a la conexión de las entradas y salidas del PLC. Para su fabricación se utilizaron bloques de bornes y porta fusibles que fueron soldados a baquetas de 9x5cm.



FIGURA 32: TARJETA PORTA FUSIBLES.

3.4.10 Borneras

Las borneras utilizadas son de 4mm de marca Weidmuller, se utilizaron debido a que se acoplaban perfectamente al diseño compacto y la facilidad que conexión mediante puentes.



FIGURA 33: BORNERA.

3.4.11 Voltímetros

Existen dos voltímetros Camsco en el módulo, tienen un rango de 0 a 30VDC y pueden conectarse a la salida de las tarjetas reguladoras, al panel de 24VDC o a una fuente externa que no contenga más de 24VDC.



FIGURA 34: VOLTÍMETROS CAMSCO.

3.5 Conexión de los equipos.

Una vez terminado el tablero, se procede a colocar los elementos que quedaran fijos al armario, estos elementos son: el switch de activación, la toma de poder, el conector de cable y los ventiladores que ayudaran a disipar el calor que puede producirse al interior del módulo.

Para la conexión de la toma para comunicación TCP/IP se usó el estándar T568A.

La alimentación de los ventiladores es a 12VDC por lo cual se debe hacer un empalme para la conexión en serie de estos una vez que el plafón este dentro del tablero.



FIGURA 35: INTERIOR DEL TABLERO.



FIGURA 36: VISTA LATERAL DEL TABLERO.

Se procede a cortar la canaleta de 2.25x4cm y crear un marco al filo de sus lados. Para ubicar la canaleta que se encuentra dentro del marco se debe medir desde el lado interior de una de ellas y medir 14 cm, en este punto será ubicada la canaleta.

Se procede a cortar el riel din de dos medidas. La primera para la parte superior tiene 32cm y en ella se fijarán el PLC, la fuente de voltaje, el módulo de expansión y las borneras. La segunda tiene una medida de 28 cm y permitirá fijar los relés.

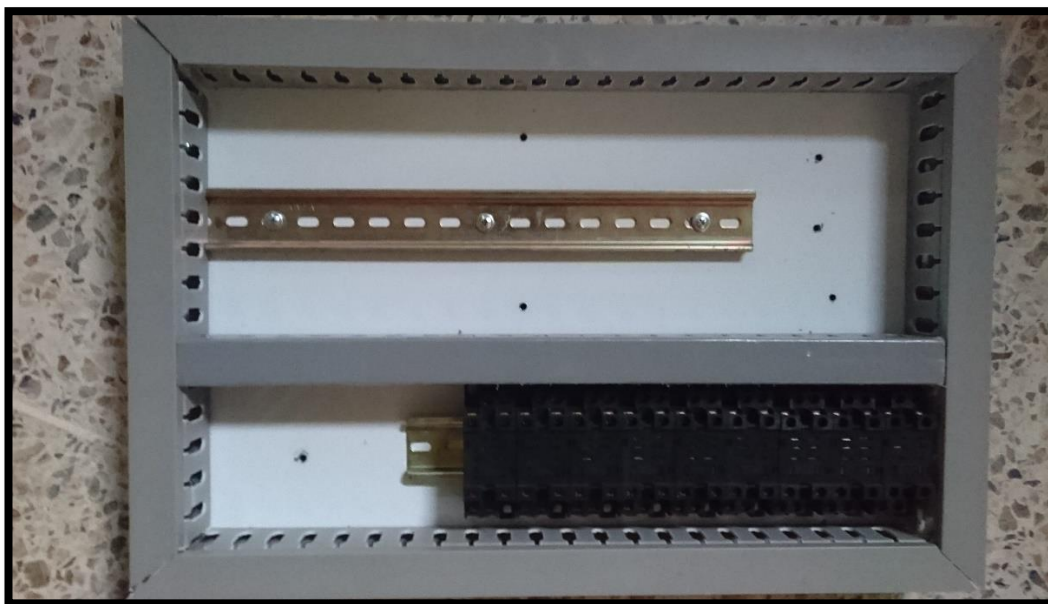


FIGURA 37: FIJAR EL RIEL DIN.

Se recomienda fijar todos los elementos del plafón y realizar las conexiones (que no deban comunicarse a otro punto) antes de ingresarlo. Esto permitirá tener mayor facilidad para trabajar.



FIGURA 38: COLOCACIÓN DEL PLC Y DE RELÉS.

Como segundo paso se deben fijar los elementos que vayan en la tapa de toma de señales. Una vez ubicados los elementos se procede a cablear.

Se sugiere cablear de la tapa hacia el plafón para así tener un recorrido y orden presentable.

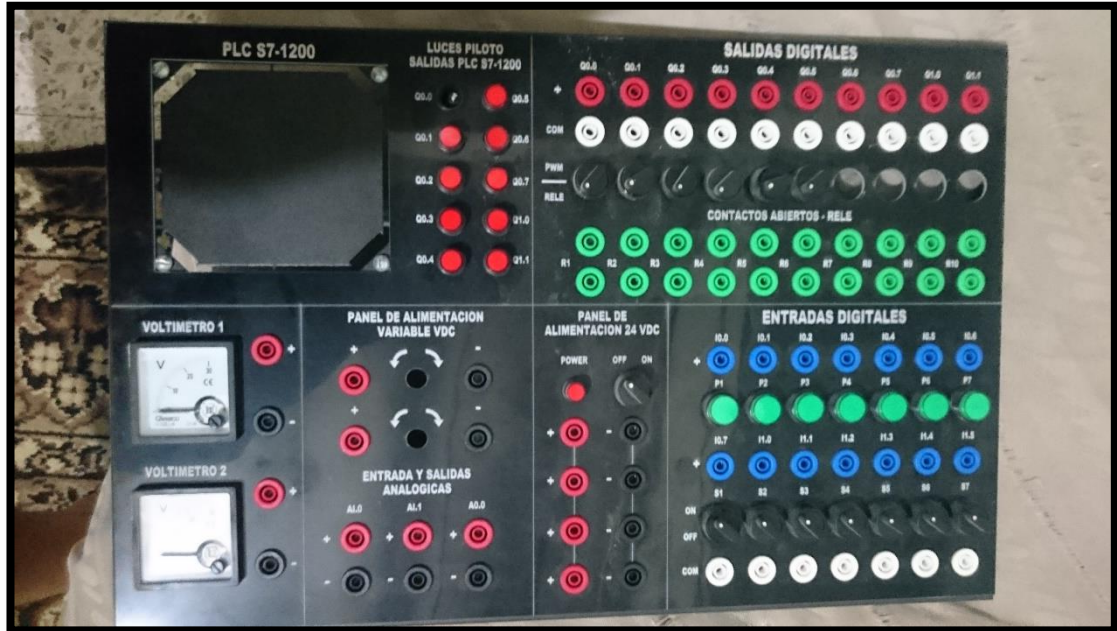


FIGURA 39: TAPA DE TOMA DE SEÑALES CON ELEMENTOS.

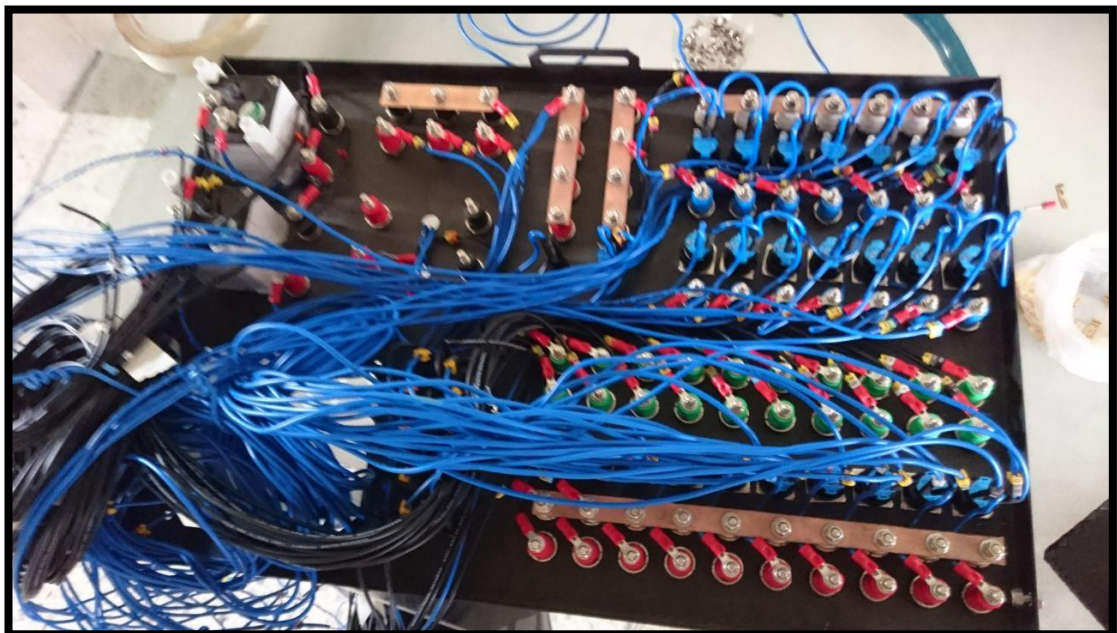


FIGURA 40: CABLEADO DE LA TAPA DE SEÑALES.

Una vez terminado de cablear los elementos que se encuentran en la tapa de toma de señales se procede a establecer el recorrido y a ordenar los cables para que su presentación sea aceptable, esto se lo realiza mediante adhesivos y amarras plásticas.

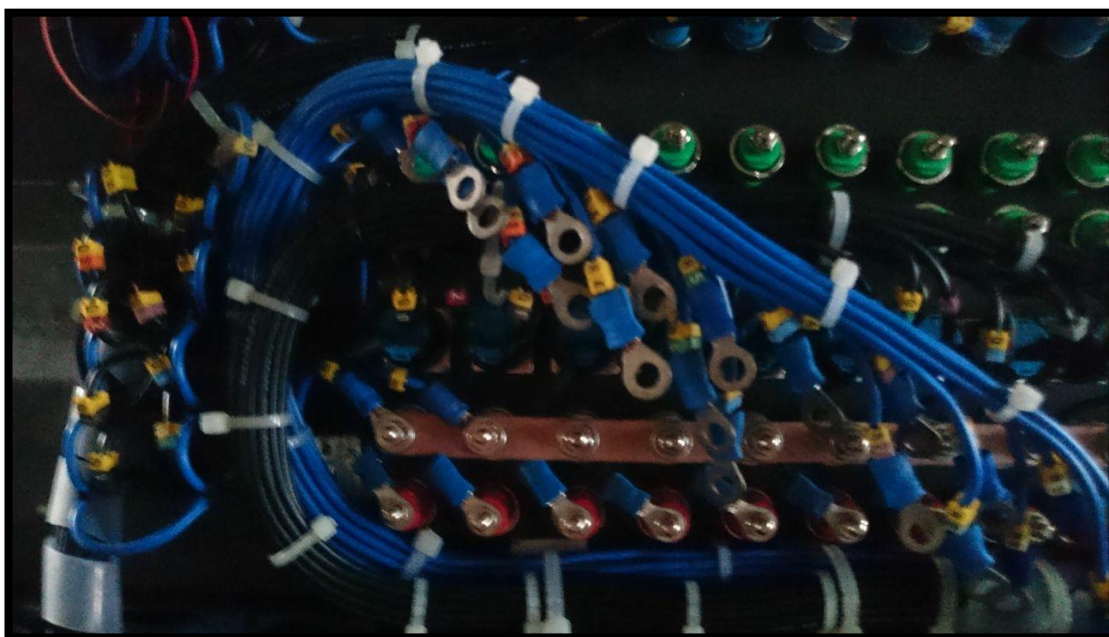


FIGURA 41: COLOCACIÓN DE AMARRAS AL GRUPO DE CONDUCTORES.

Luego de fijar los conductores se procede a ubicar la tapa en el módulo mediante pernos que son introducidos en sus extremos laterales y son fijados mediante pernos.

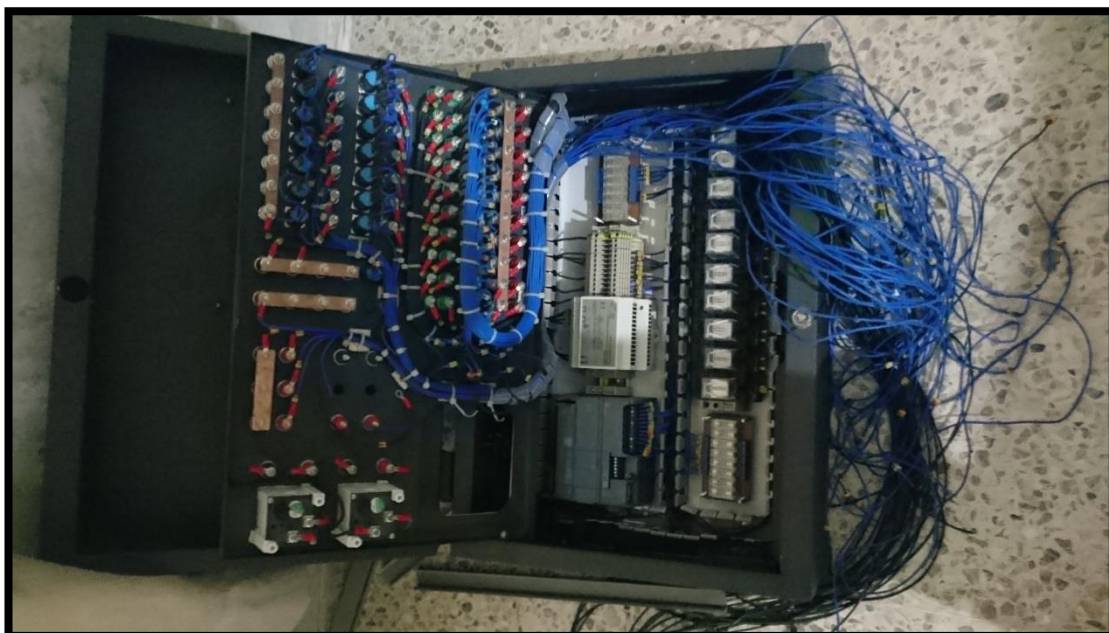


FIGURA 42: MONTAJE DE TAPA DE TOMA DE SEÑALES.

Una vez colocada la tapa se procede a realizar la conexión de todos los equipos. Y se procede a energizar el módulo.

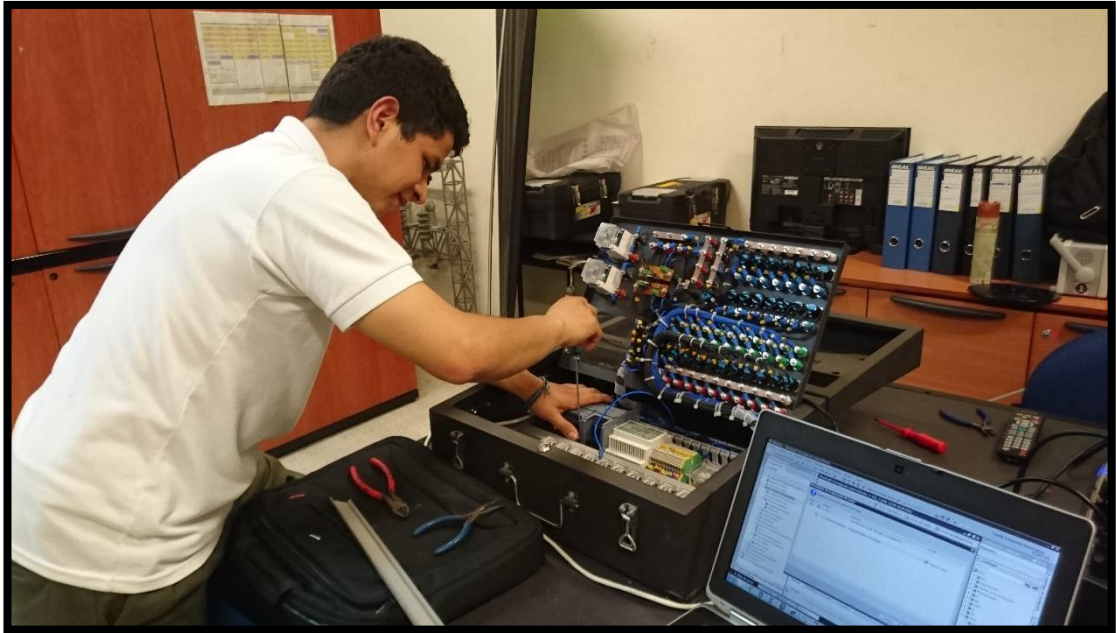


FIGURA 43: CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS.

Luego de energizar el maletín se procede a realizar las mediciones y pruebas necesarias para asegurar su buen funcionamiento.

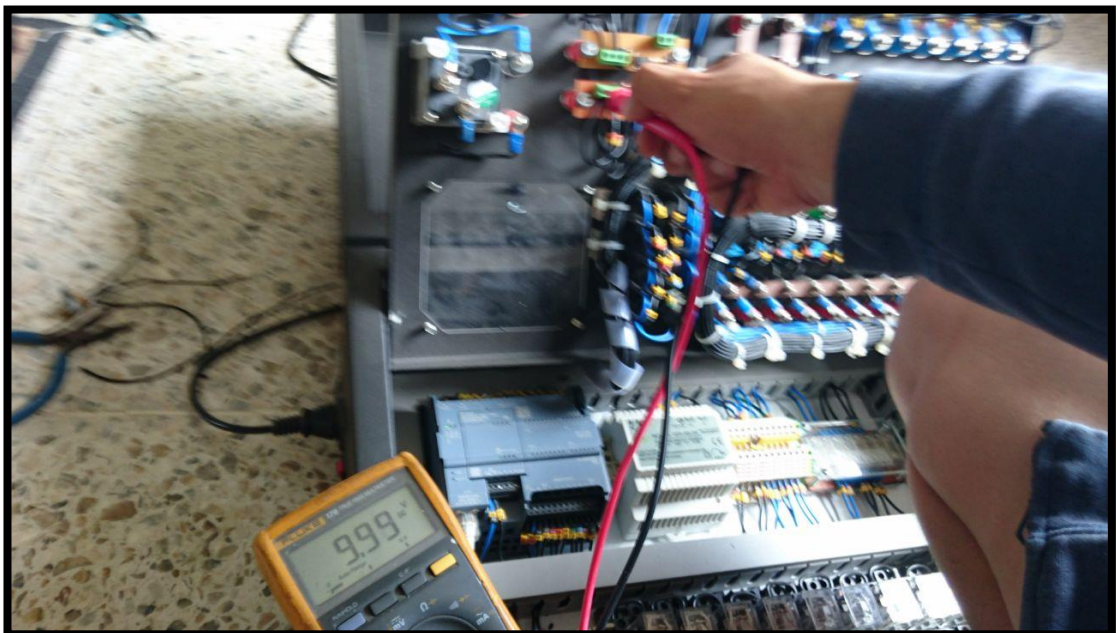


FIGURA 44: PRUEBAS DE TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE.

4 CAPITULO V: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MODULO DE AUTOMATIZACIÓN.

4.1 Encendido y apagado del módulo.

La tapa de toma de señales del módulo únicamente debe ser abierta para su mantenimiento luego de desactivar el circuito y desconectar el cable de alimentación, siguiendo todos los procesos de seguridad previstos para realizar trabajos eléctricos. Después de cualquier trabajo el encargado de mantenimiento debe asegurarse de que todo esté limpio, sin ningún objeto en el interior; debe asegurarse de que no haya hilos de cable sueltos en el interior del módulo ya que estos podrían ocasionar un cortocircuito en el momento de la energización del circuito.

Para encender el módulo se debe presionar sobre el switch que se encuentra en la parte lateral izquierda, el cual energiza todo el circuito interior. Al energizarlo se encienden dos ventiladores que se encuentran en el interior los cuales pueden dañarse si se introducen objetos entre sus aspas.

4.2 Comunicación PC-PLC

Una vez activado el circuito se alimenta el PLC, si existe la necesidad de subir un programa al PLC, además de tenerlo conectado mediante el cable de red, este debe estar encendido.

Para la comunicación entre el PLC y la PC se utilizaron cables de red (UTP) conectados a los terminales RJ45 mediante el estándar T568 B, además se necesitó un puerto de red instalado en la parte lateral izquierda para que no exista la necesidad de abrir la tapa de toma de señales para establecer la comunicación.



FIGURA 45: COMUNICACIÓN DEL MÓDULO CON LA PC.

4.3 Conexión de Jacks y selectores.

En la tapa de toma de señales que se muestra a continuación se encuentran todas las señales de entradas y salidas que utilizara el PLC para hacer los distintos procesos de automatización.

4.3.1 Entradas.

El PLC tiene una fuente de voltaje fija de 24 VDC la cual se conecta a todos los elementos que darán las señales de entrada al PLC (Pulsadores, Selectores). Estas conexiones ya están establecidas y para manipular las entradas solo se necesita controlar la posición de los switch y los accionamientos a los pulsadores. En la parte de las entradas también encontramos jacks azules (positivos) y blancos (común); estos jacks son alimentados con la misma señal que le llega a los bornes de entrada del PLC, es decir que al activar la entrada se energizara el Jack positivo de dicha entrada. Esto permite que podamos conectar una pequeña carga que será gobernada directamente del selector.

4.3.2 Salidas.

Junto a los jacks de salida encontramos un selector de dos posiciones el cual nos permite escoger entre dos modos de funcionamiento: El modo salida binaria y el modo de salida con regulación de ancho de pulso.

Si se desea obtener un control de forma binaria, la línea que alimenta la carga debe conectarse a uno de los jacks conectados al relé, mientras el otro Jack se conecta a la carga. Los jacks utilizados para los contactos de relé son de color verde y se encuentran debajo de los selectores que gobiernan el modo de operación de la salida.

En caso de requerir una salida a 24VDC o tenerla con distinto ancho de pulso se debe poner el selector en la posición PWN y conectar la carga a los Jack rojo (salida) y blanco (común). Se debe recalcar que solo se podrán regular el ancho de pulso en cuatro salidas a la vez y ésta regulación puede ser en cualquiera de las salidas.

Como mantenimiento se recomienda el ajuste de las tuercas y limpieza de contactos en los jacks.

4.4 Regulador de voltaje.

Para la regulación de voltaje (0-10VDC) basta con regular la posición del potenciómetro. Para tener este voltaje en la entrada del PLC debemos hacer un puente de conexión entre el jack de la entrada analógica del PLC y la salida de la tarjeta de regulación (roja con roja y negra con negra).

Existen dos tarjetas de voltaje en el módulo, para el mantenimiento se recomienda el ajuste y limpieza de contactos en los jacks.

4.5 Voltímetros.

Los voltímetros están conectados en el interior del módulo a los jacks que se encuentran a su lado, el jacks rojo se debe conectar al positivo de la señal a medir y el negro al común.

NOTA: No se debe hacer puentes de conexión entre los jacks de señales positivas y negativas. Esto produciría un corto circuito y como resultado se quemarían los fusibles que fueron instalados para esa conexión.

5 CAPITULO VI: PRACTICAS DEL MODULO DE AUTOMATIZACIÓN.

5.1 Practica 1

5.1.1 Tema:

Programación y comunicación del PLC para el arranque directo de un motor trifásico.

5.1.2 Objetivos:

Objetivo general:

- Comunicar el módulo didáctico con la PC y controlar el arranque directo de un motor trifásico de 6 terminales.

Objetivo específico:

- Crear un programa que controle el arranque de un motor trifásico.
- Comunicar el PLC con la PC para obtener las lecturas de las variables de voltaje y corriente AC.
- Crear una plataforma en Labview en la que se muestren las variables de voltaje y corriente AC obtenidas del motor trifásico a través del Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.

5.1.3 Recursos:

- Modulo para automatización de procesos con el PLC S71200 DCDCDC, módulo de expansión de entradas y salidas analógicas, cable profinet y conectares de red.
- Computadora con el programa Tia Portal v 13.0 y Labview 2017
- Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.
- Banco de pruebas para sistemas de control industrial programable.

5.1.4 Tiempo estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

5.1.5 Procedimiento:

El primer paso es iniciar el programa Tia Portal que se encuentra instalado en la PC

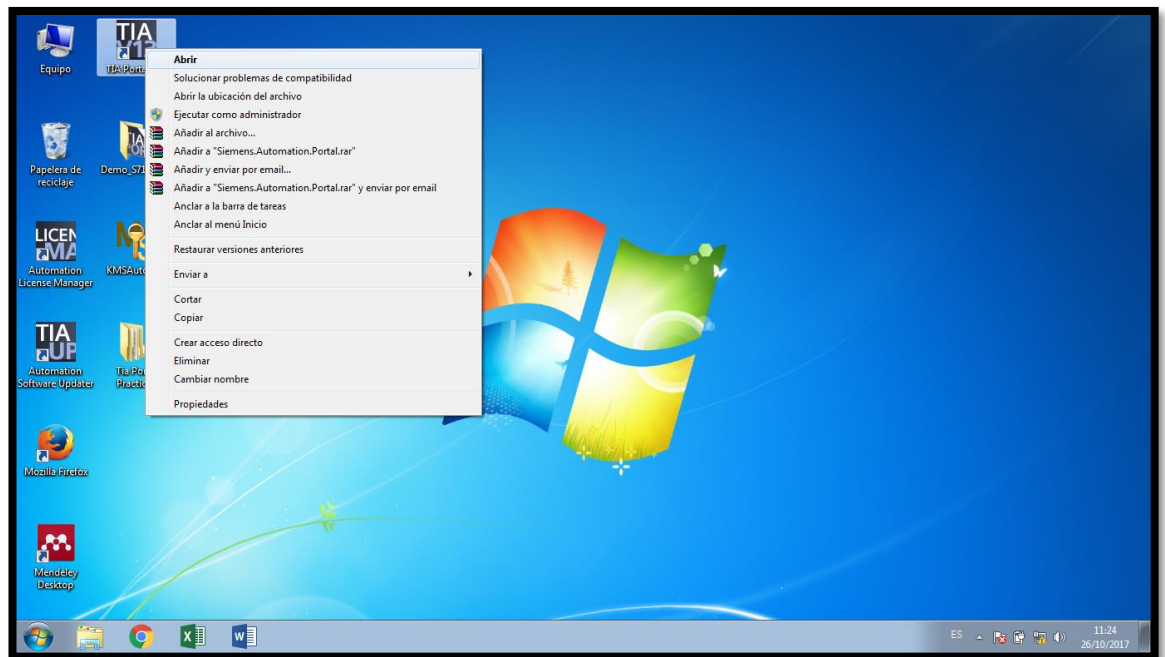


FIGURA 46: INICIO DE TIA PORTAL

Luego de abrir el programa aparecerá un menú en el cual podemos abrir proyectos existentes, crear nuevos proyectos y tener información sobre el software, Damos clic en crear proyecto.

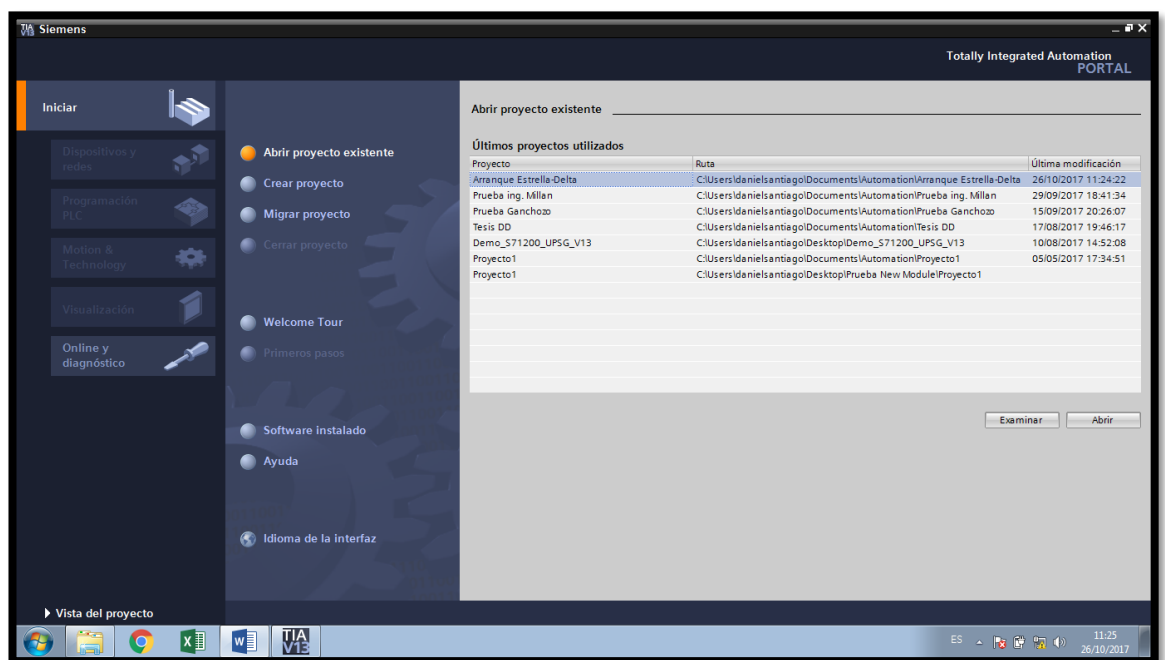


FIGURA 47: AMBIENTE DE TIA PORTAL

Después de llenar los campos de información del proyecto damos clic en crear y aparecerá una ventana que indica que se está creando el proyecto.

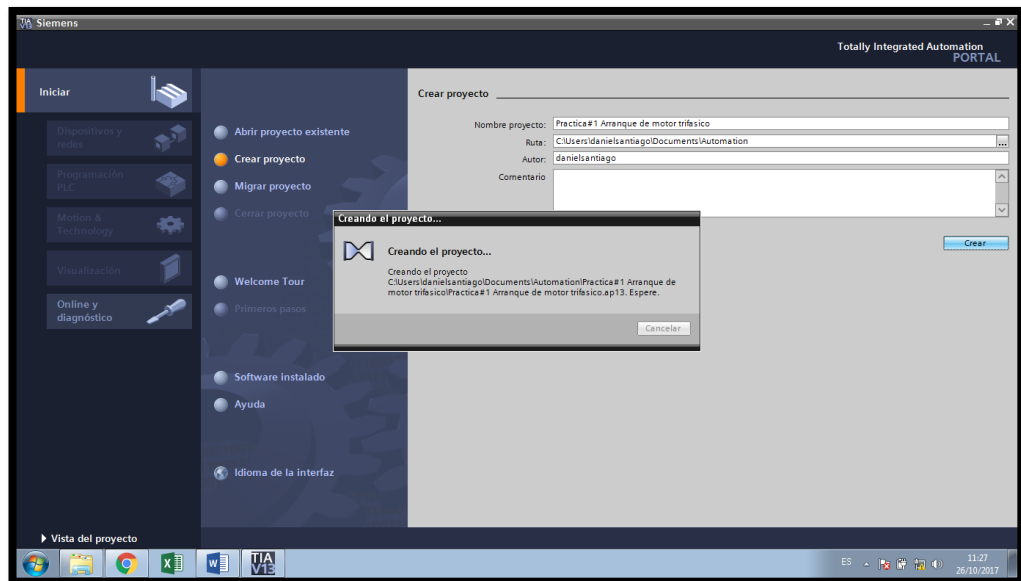


FIGURA 48: CREACIÓN DEL PROYECTO.

Aparece el menú dispositivos y redes con lo cual se procede a dar clic en la opción **Agregar un dispositivo**. El controlador que se debe escoger se encuentra dentro de la carpeta CPU 1214C DCDCDC, seleccionamos el dispositivo 6ES7 214-AG40-0XB0 ya que es el modelo del PLC que usamos para el módulo. En el caso de no conocer la CPU podemos ingresar un PLC en blanco y mediante la conexión ethernet obtener la información del dispositivo.

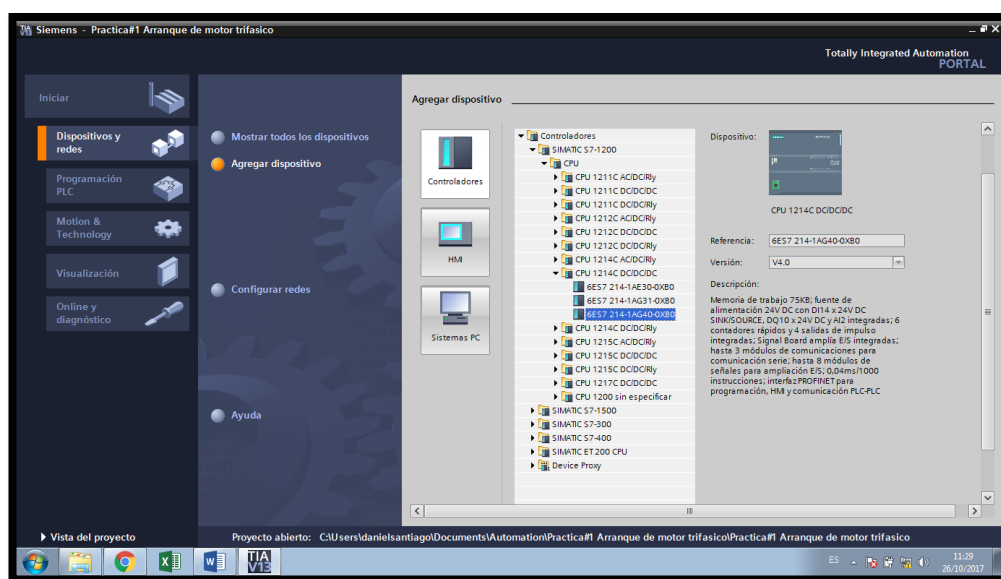


FIGURA 49: CPU

Aparecerá la siguiente pantalla en la cual podemos ver a el dispositivo.

Para ingresar los dispositivos que acompañan a la CPU en este proyecto, damos clic en la flecha superior derecha que se encuentra a la altura de la vista de dispositivos. Esta flecha contiene una ventana con el catálogo de los dispositivos fabricados por SIEMENS que se pueden comunicar fácilmente a los PLC.

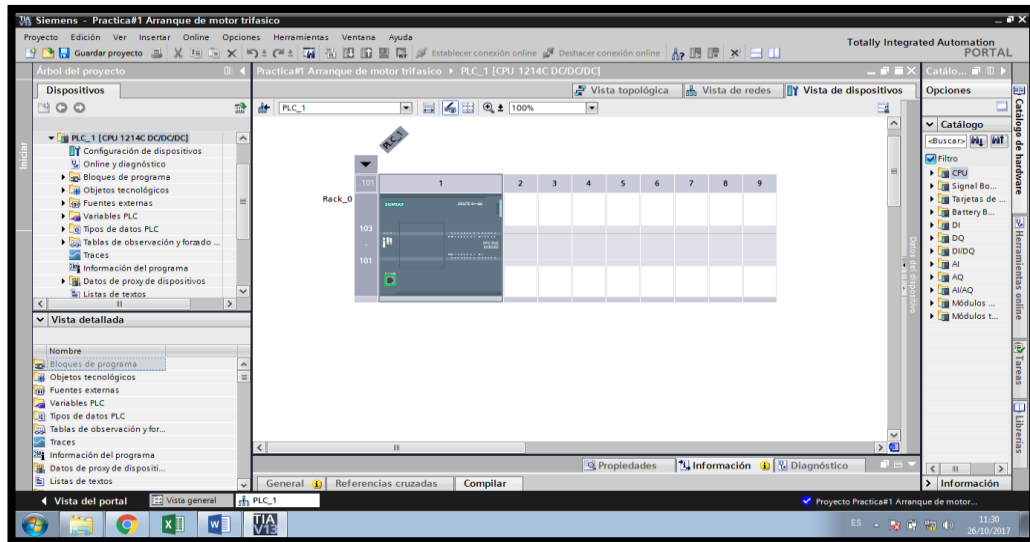


FIGURA 50: VISTA DE DISPOSITIVOS.

Se procede a escoger la signal board que se encuentra conectada a la CPU. Damos clic en la carpeta **signal boards**, escogemos la carpeta AQ que es la que contiene a las signal boards con señales analógicas, luego se procede a dar doble clic en el modelo instalado físicamente en la CPU (6ES7 232-4HA30-0XB0).

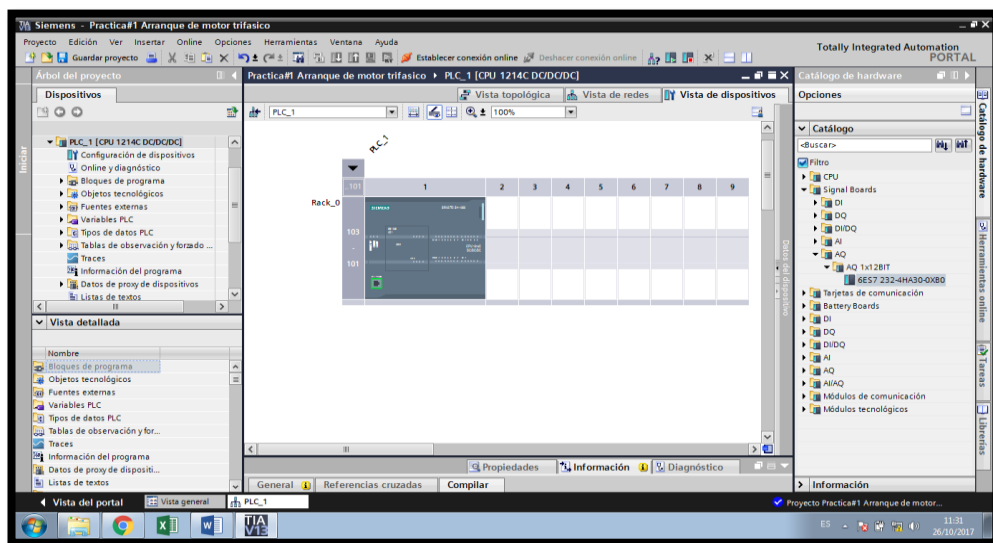


FIGURA 51: ASIGNAR SIGNAL BOARD.

Para agregar el módulo de expansión que contiene puertos de entradas y salidas analógicas damos clic en la carpeta AI/AQ y escogemos el modelo del equipo que se tiene conectado a la CPU.

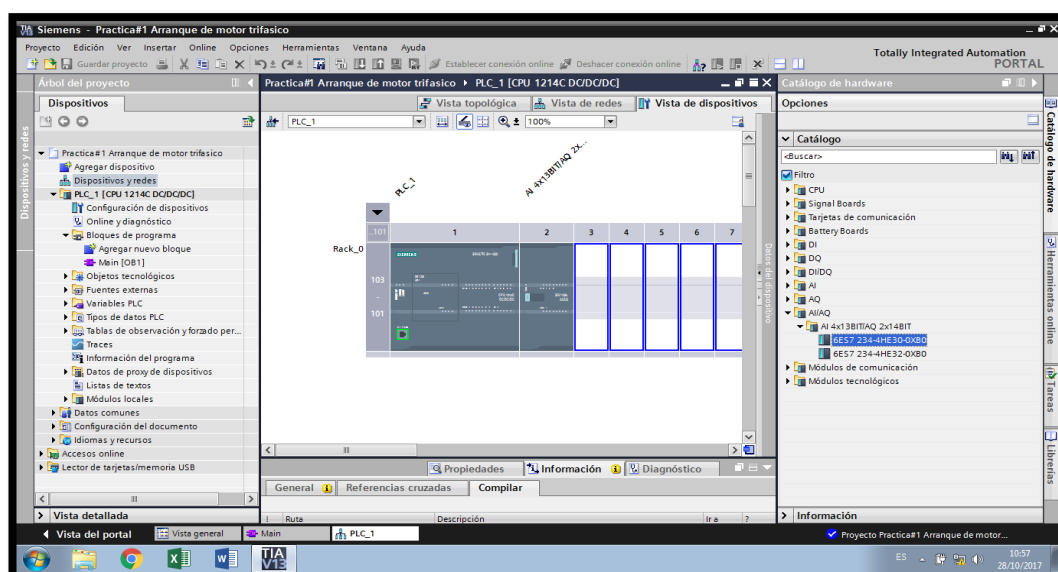


FIGURA 52: ASIGNAR MÓDULO DE EXPANSIÓN.

Una vez concluido el proceso de añadir dispositivos, vamos al árbol de proyecto para escoger la opción *Main* de la carpeta *Bloques de programa*.

Aparecerá un entorno en el cual podemos programar el circuito que queremos construir. Para este caso podemos hacerlo mediante lenguaje KOP (lenguaje de escalera).

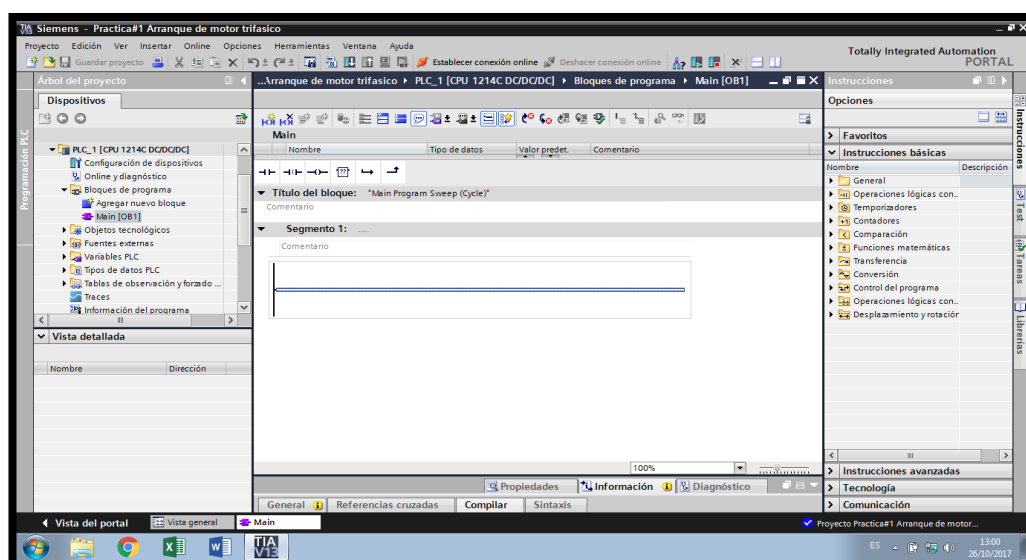


FIGURA 53: ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

Para cambiar el lenguaje debemos ir a la opción propiedades y escoger el lenguaje que nos gustaría utilizar para la programación (la segunda opción es el lenguaje FUB también conocido como lenguaje de bloques lógicos).

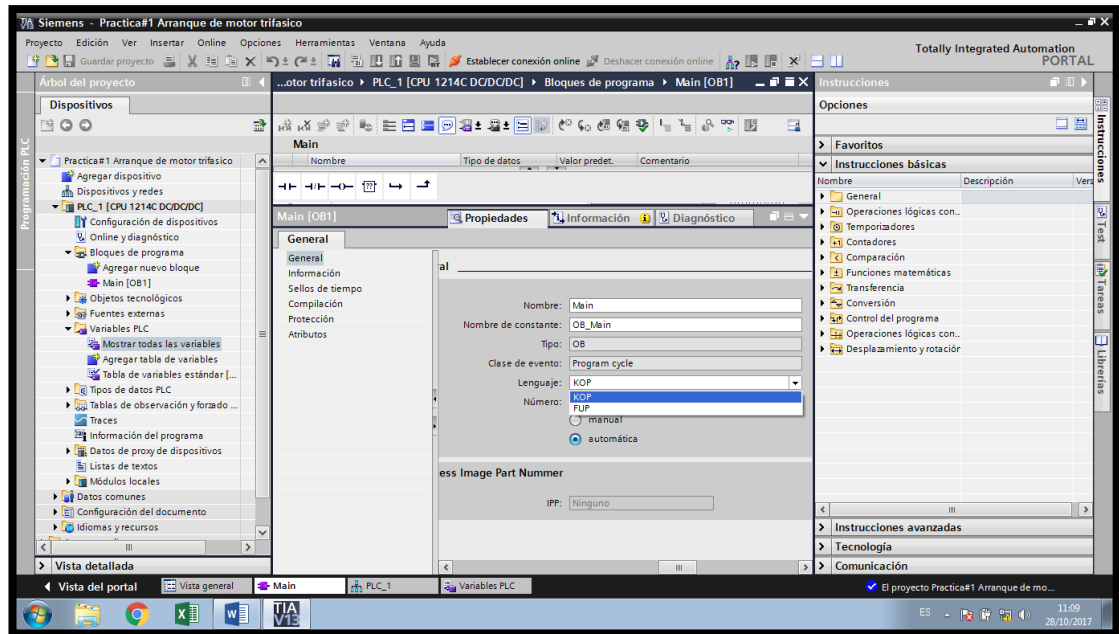


FIGURA 54: CAMBIO DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.

Para la programación se debe arrastrar o dar doble clic sobre la función que se desea añadir.

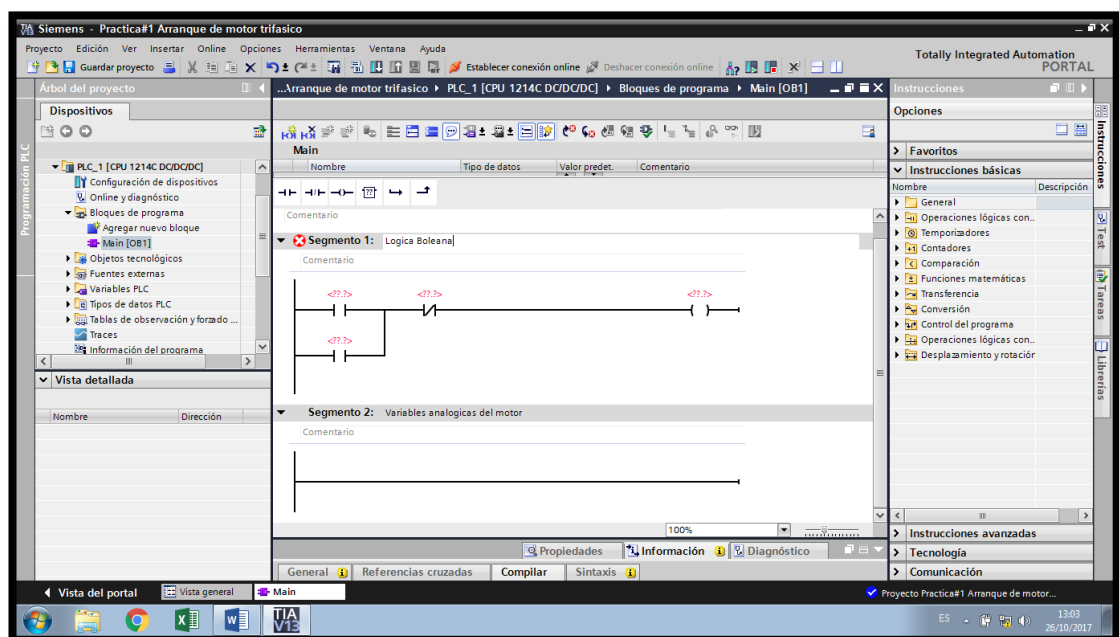


FIGURA 55: INGRESO DE LOGICA BOLEANA EN ARRANQUE DIRECTO

Para el arranque de forma directa de un motor trifásico se tuvo en consideración la protección térmica que nos ofrece el relé que se conecta directamente de forma física, el relé se conecta a la entrada I0.0 mediante el Jack de entrada que se encuentra en la parte superior del selector. Se colocó una marca booleana (**M84.0**) en serie para desactivar el circuito de alimentación del motor mediante Labview y se utilizó el pulsador que se conecta a la entrada I0.2 para realizar la marcha del equipo.

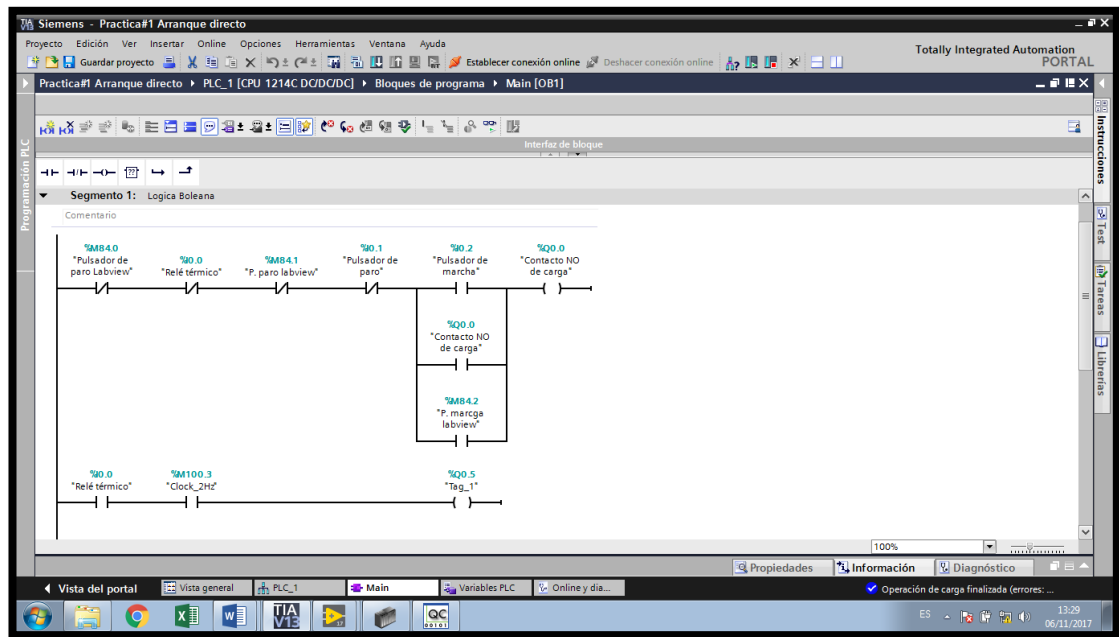


FIGURA 56: PROGRAMACIÓN PARA EL ARRANQUE DIRECTO.

Debido a que la alimentación del interruptor de potencia que se conecta al motor es de voltaje alterno, se debe escoger la opción relé y conectar en serie la bobina de alimentación del contactor.

La salida Q0.5 está conectada en serie a un contacto abierto del relé térmico y a una marca de ciclo, este tipo de conexión permitirá la activación intermitente de la salida cuando el relé térmico cambie de estado por una sobrecarga.

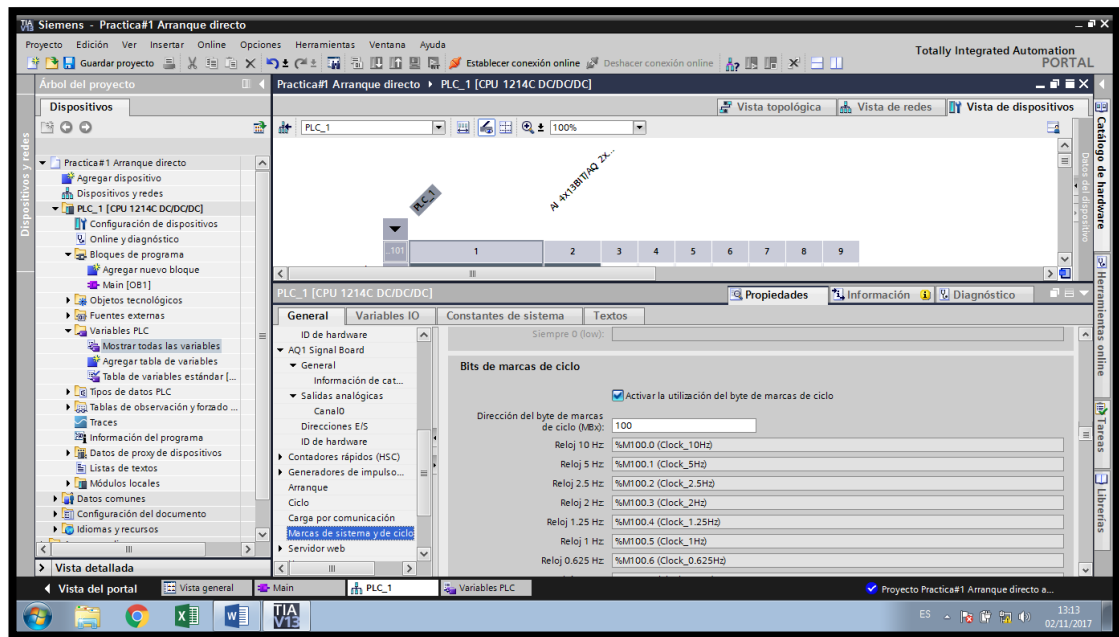


FIGURA 57: ACTIVACIÓN DE MARCAS DE CICLO (PRACTICA #1).

Para la programación del segmento de entradas analógicas se debe verificar la dirección de las entradas del módulo de señales. Para esto se da doble clic en el módulo de expansión, se abrirá una ventana de propiedades y podremos obtener la dirección de los canales que funcionan como entradas analógicas. Además, en esta ventana se pueda configurar el tipo de señal que ingresara como entrada analógica (voltaje o corriente).

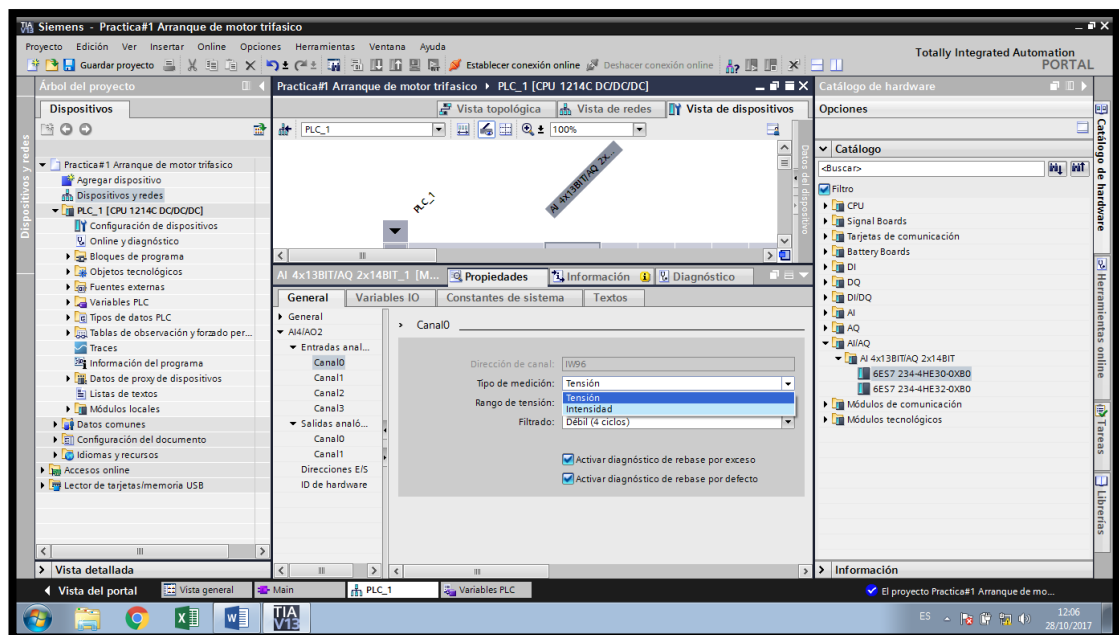


FIGURA 58: PROPIEDADES DE LAS ENTRADAS DEL MÓDULO ANALOGICO.

Para ello se busca la opción **Mostrar todas las variables** que se encuentra en la carpeta variables del PLC, en el árbol del proyecto. En esta tabla se encuentran las variables y direcciones que ya ingresamos anteriormente en el **Main**, solo se debe agregar marcas de datos tipo **real** y el programa asignará direcciones libres.

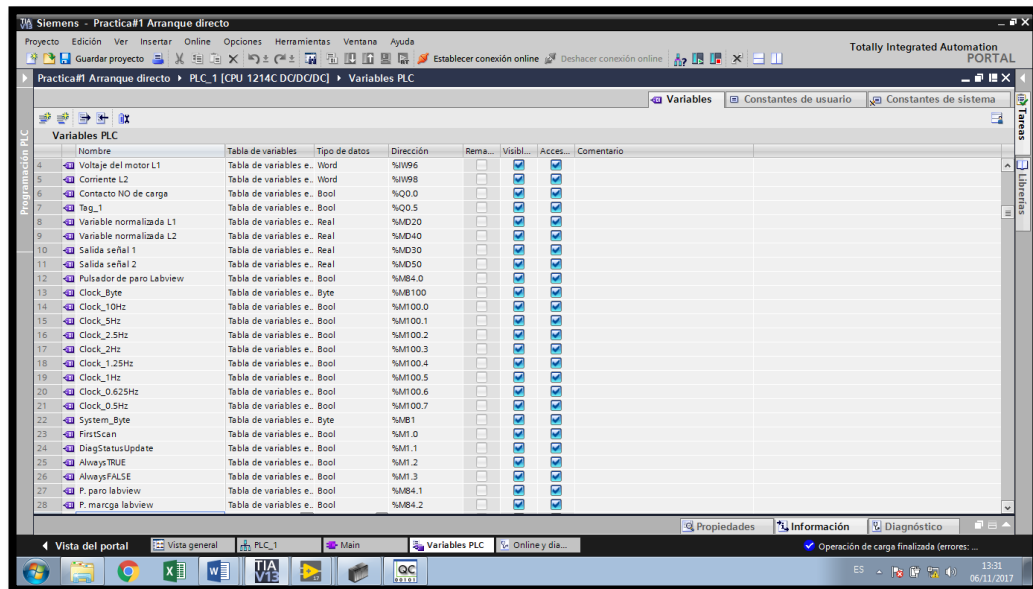


FIGURA 59: INGRESO DE ENTRADAS ANALOGICAS Y MARCAS.

Una vez ingresadas las direcciones volvemos al **Main** y abrimos la carpeta Conversiones, en esta carpeta se encuentran dos funciones que son indispensables para hacer nuestra lectura analógica. Estas funciones son **Norm_X** y **Scale_X**, se las arrastra al siguiente segmento.

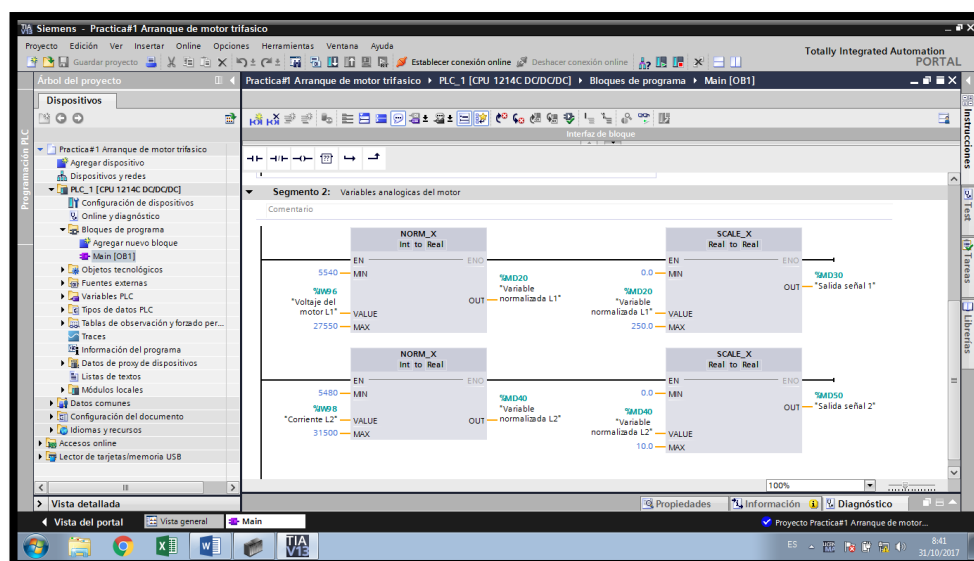


FIGURA 60: INGRESO DE FUNCIONES NORM_X Y SCALE_X

Una vez terminado el programa se da clic compilar, este icono se encuentra debajo de la pestaña **ventana** en la barra de herramientas.

Aparecerá la siguiente ventana (carga avanzada) en la cual debemos escoger el tipo de interfaz y el PLC que vamos a controlar. Se procede a dar clic en cargar.

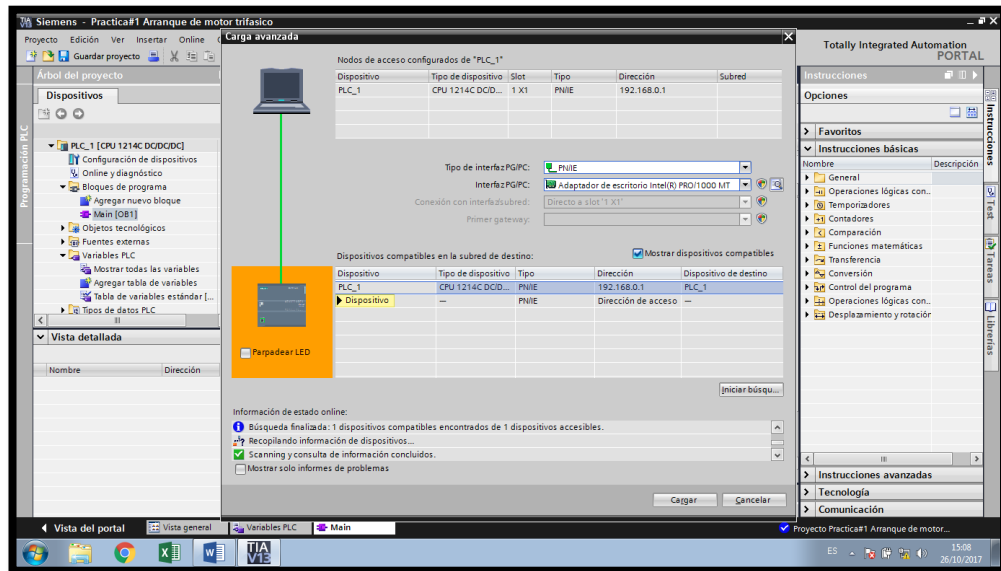


FIGURA 61: VENTANA DE SELECCIÓN DEL PLC Y CARGA DE PROGRAMA.

En software escogemos la opción cargar con coherencia y damos clic en cargar, luego aparecerá otra ventana y damos clic en finalizar.

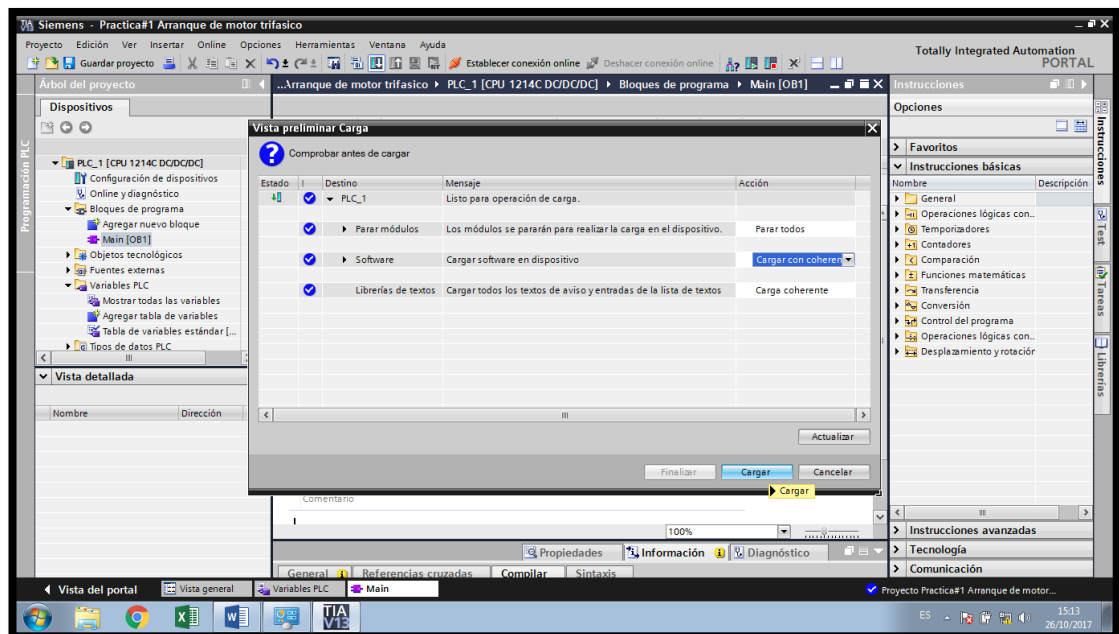


FIGURA 62: VISTA PRELIMINAR CARGA

Para observar en Tia Portal el comportamiento del circuito en tiempo real damos clic en la opción conexión online. La ventana tomara un color naranja y las líneas del circuito tomaran un color azul en el caso de que este des energizada y verde en el caso de que este energizada.

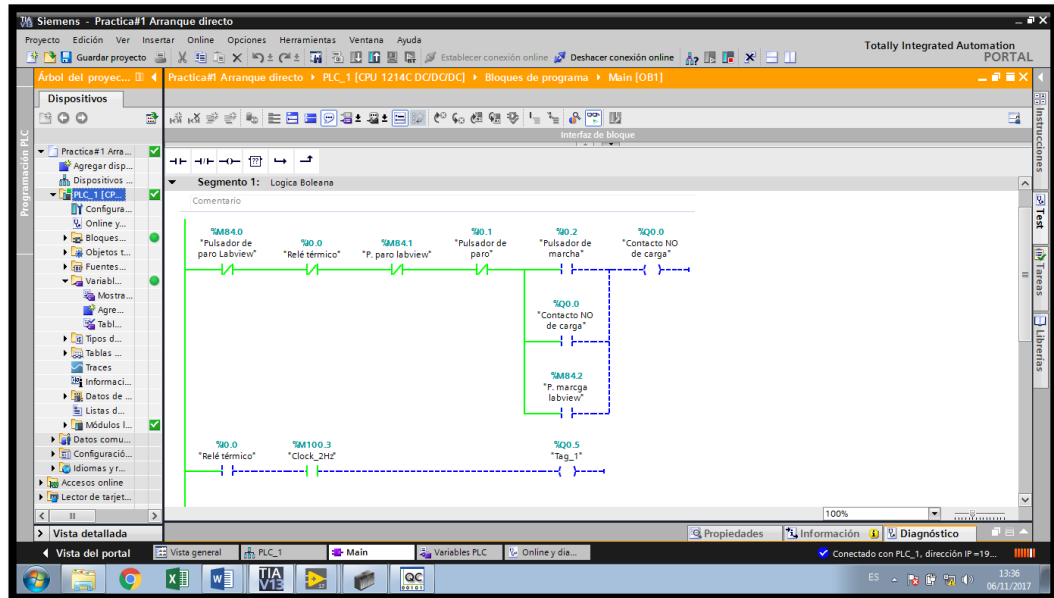


FIGURA 63: ONLINE TIA PORTAL-PLC

Después de comprobar la conexión online, abrimos el administrador del OPC para agregar los canales, dispositivos y variables necesarias para realizar un sistema Scada con la plataforma Labview.

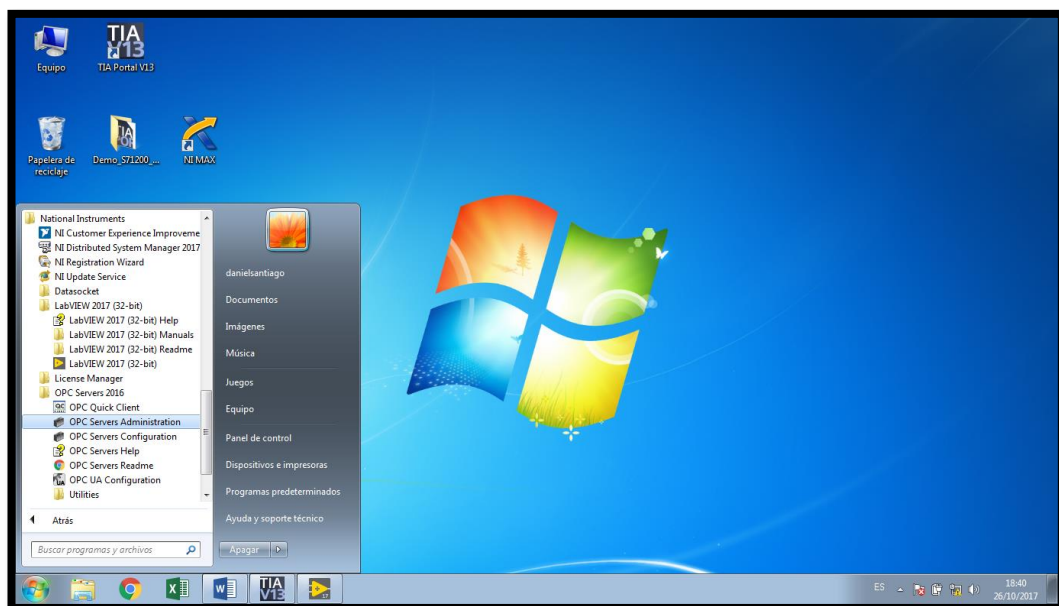


FIGURA 64: OPC SERVER

Abrirá una ventana llamada **NI OPC Serves – Runtime**. Nos ubicamos en el panel izquierdo, damos clic derecho y escogemos crear un nuevo canal.

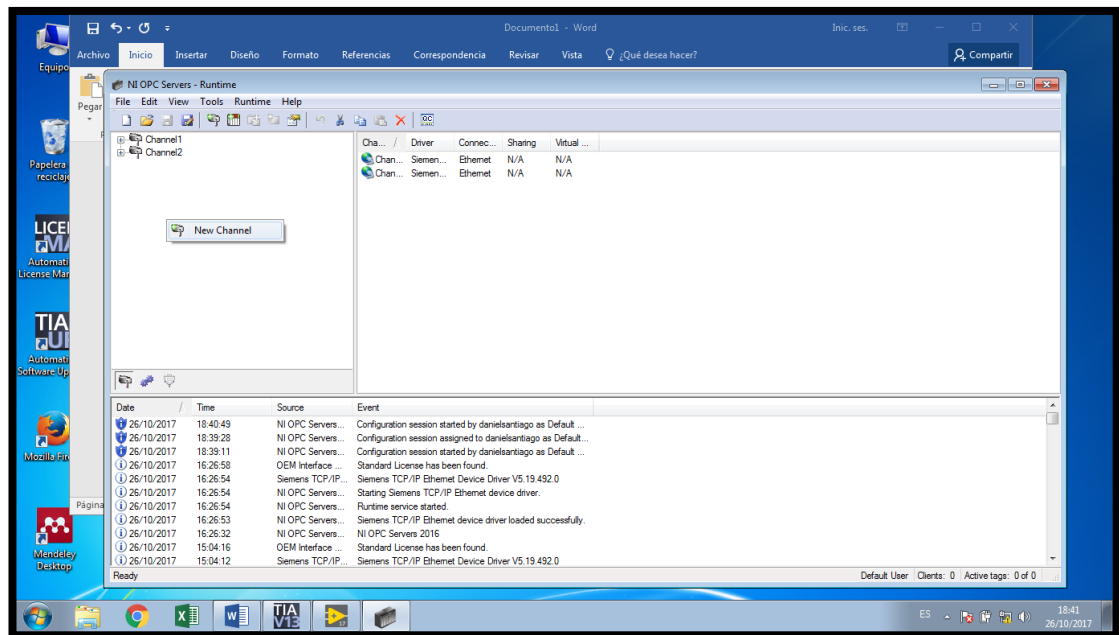


FIGURA 65: NI OPC SERVER RUNTIME

Aparece una ventana en la cual podemos escoger el nombre del canal, damos clic en siguiente.

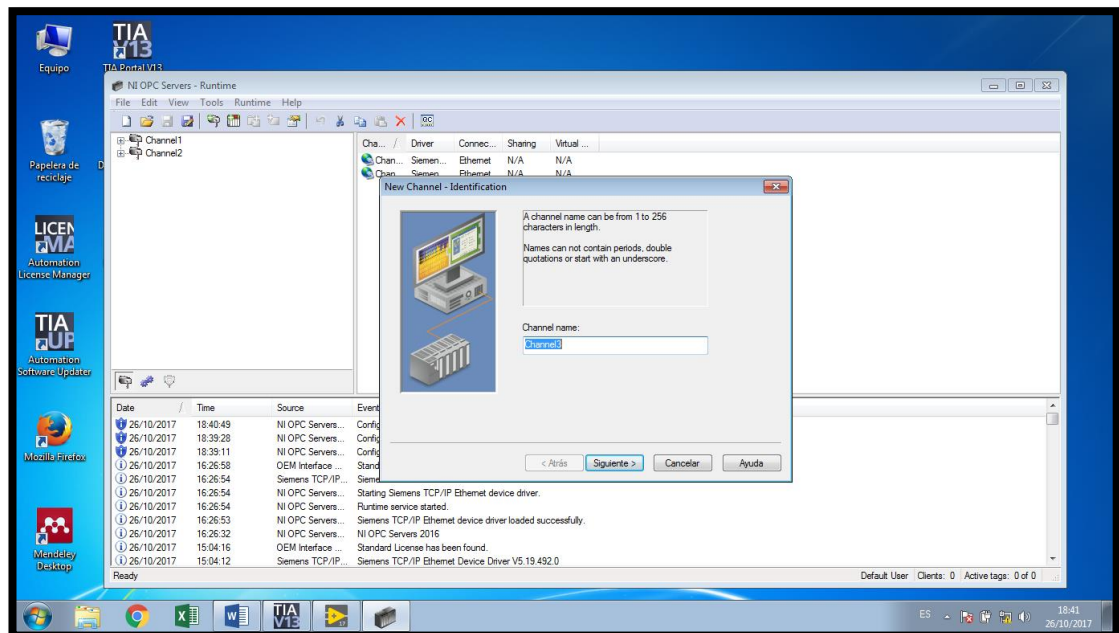


FIGURA 66: CREACIÓN DE CANAL

Aparecerá una ventana en la que debemos escoger el dispositivo con el cual Labview y el OPC server se conectarán. Escogemos la opción TCP/IP Ethernet y damos clic en siguiente.

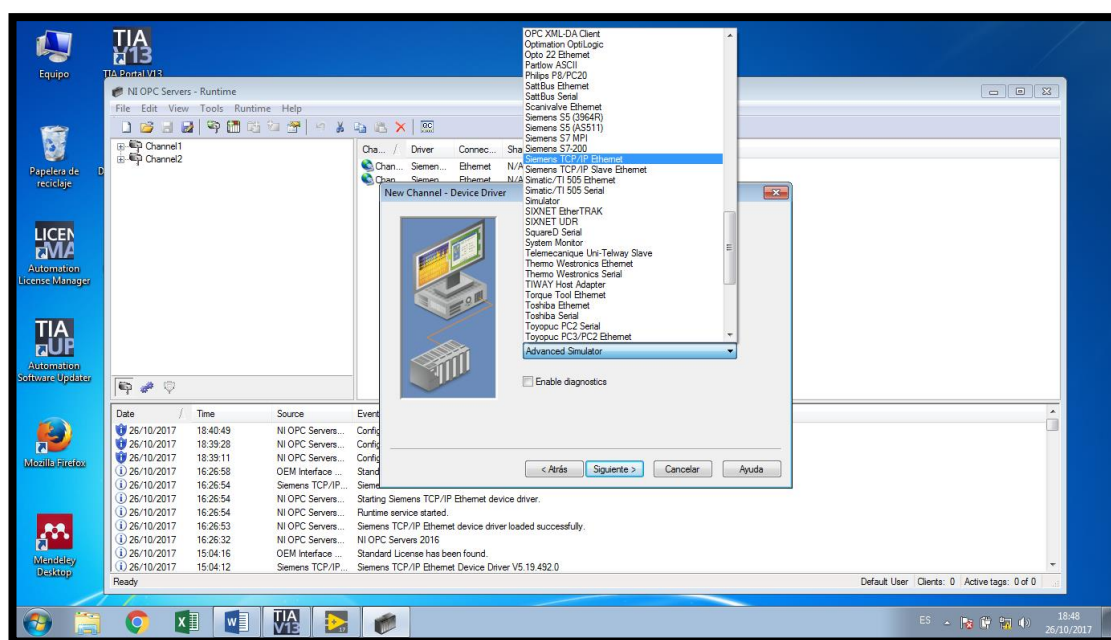


FIGURA 67: SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DEL CANAL

Luego aparecerá una ventana en la que se debe confirmar el adaptador de red usado para la conexión del dispositivo. Clic en siguiente.

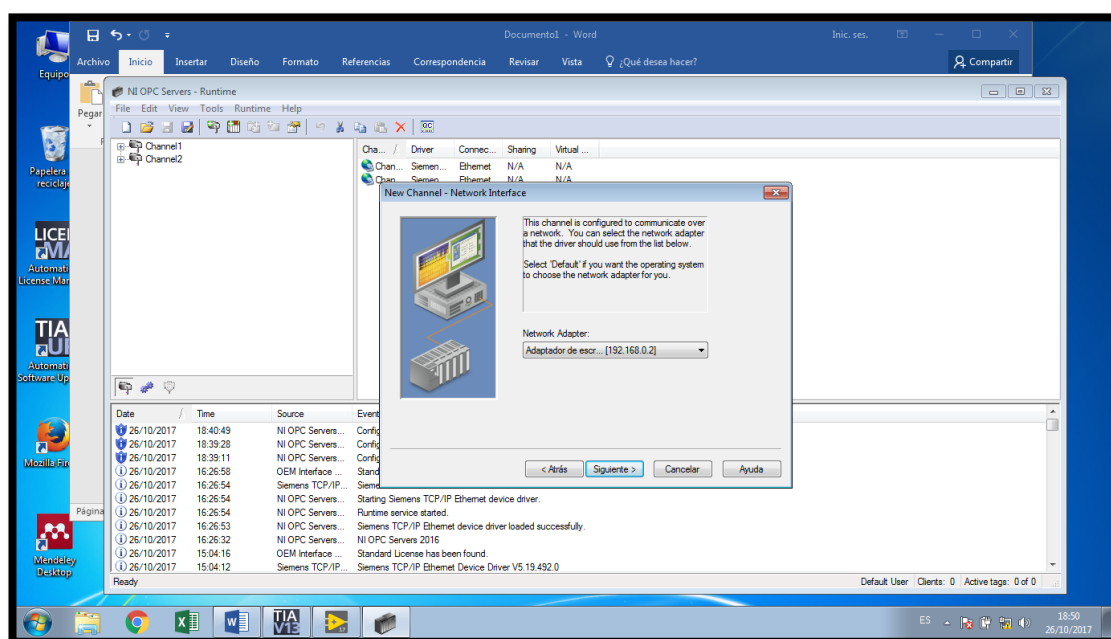


FIGURA 68: ADAPTADOR DE RED PARA EL CANAL.

Al final aparecerá una ventana con la información escogida, clic en finalizar.

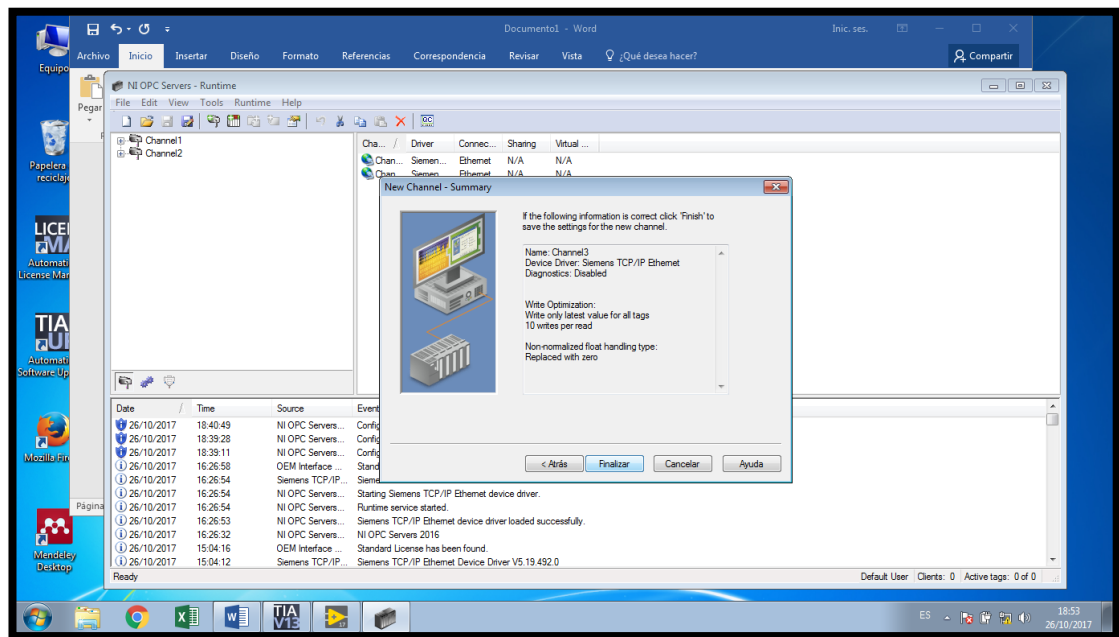


FIGURA 69: CREACIÓN DE CANAL COMPLETADA.

Se procede a añadir un dispositivo en el canal, clic en crear dispositivo.

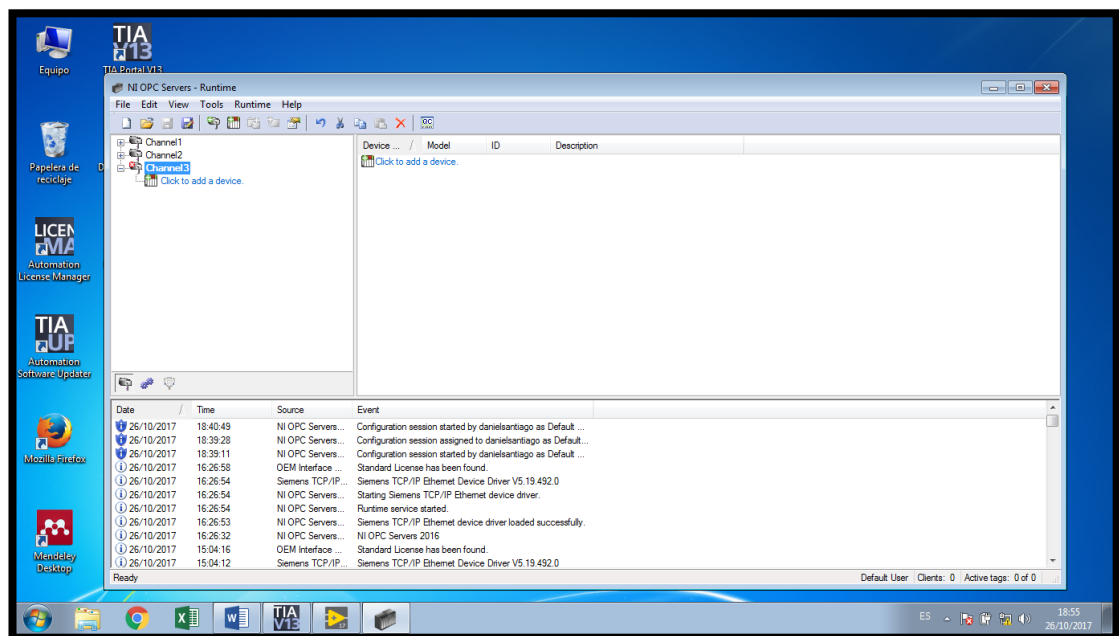


FIGURA 70. CREAR DISPOSITIVO.

Aparece una pantalla en la que se especifica el tipo de dispositivo que se conecta, en nuestro caso es un PLC S7 1200. Clic en siguiente.

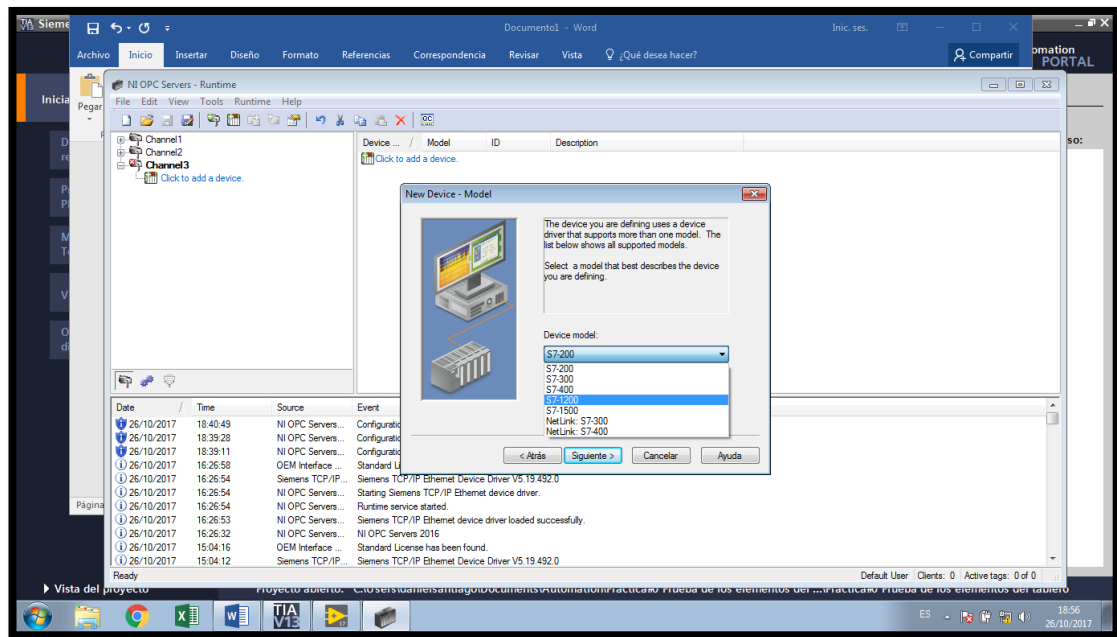


FIGURA 71: ESPECIFICAR PLC USADO.

Se procede a escoger la dirección IP que tiene el dispositivo. Si no está seguro de la dirección puede ingresar al programa Tia portal, escoger dispositivos y redes, dar clic al puerto ethernet del PLC y así podrá ver la ID.

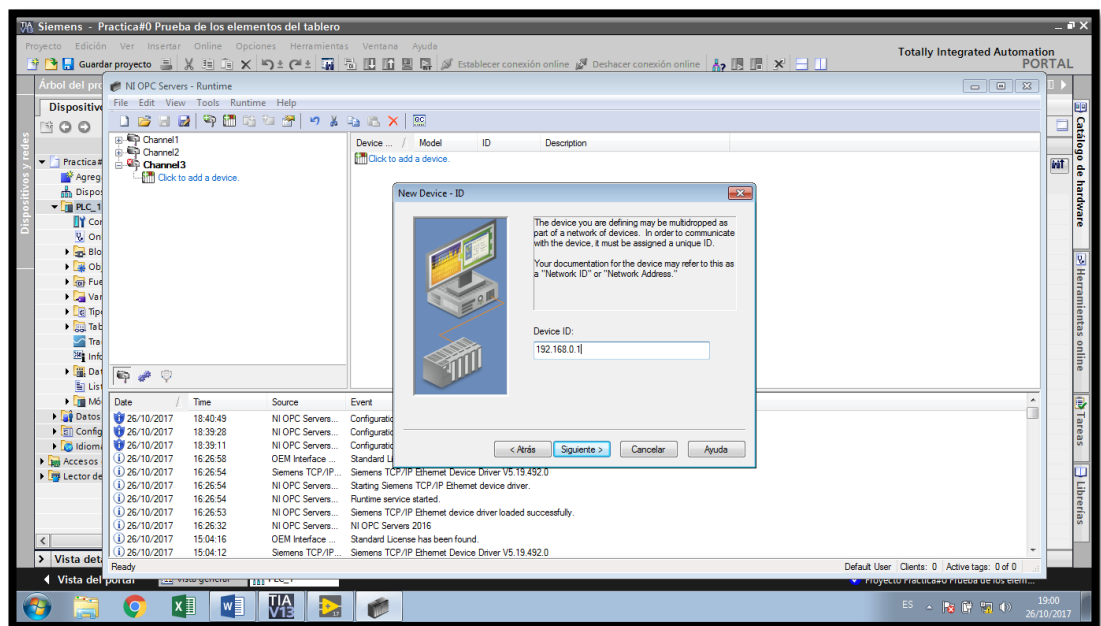


FIGURA 72: DIRECCIÓN IP DEL DISPOSITIVO A CONECTAR.

Clic en siguiente hasta que aparezca una ventana con información del dispositivo, clic en finalizar.

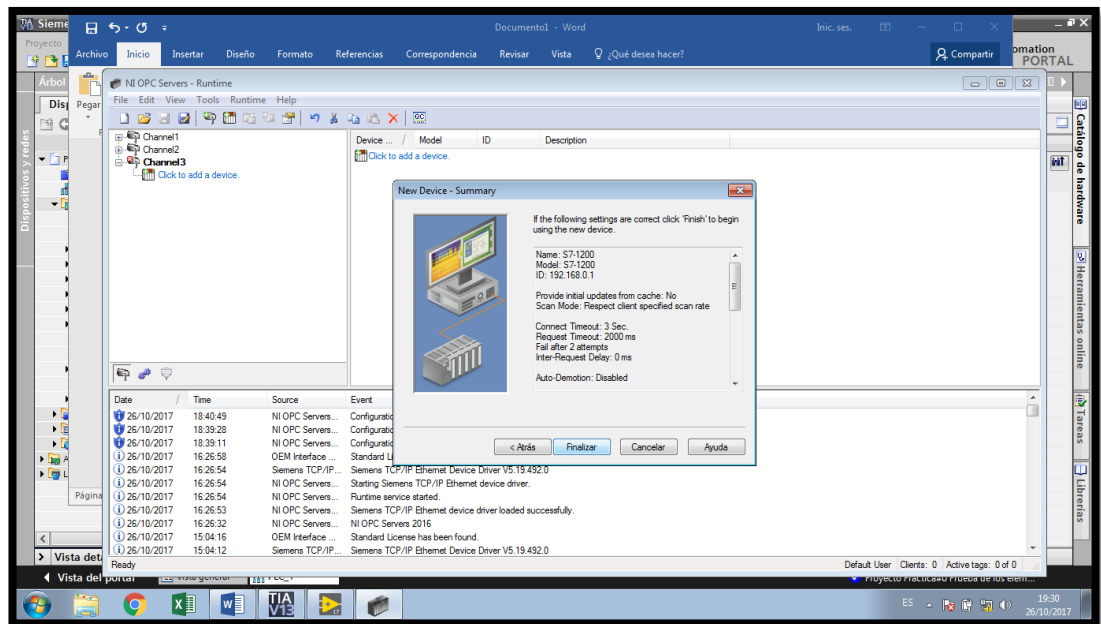


FIGURA 73: CREACIÓN DE DISPOSITIVO COMPLETADA.

Se procede a dar clic donde dice añadir etiqueta, aparece una ventana en la cual le podemos dar nombre a una nueva variable.

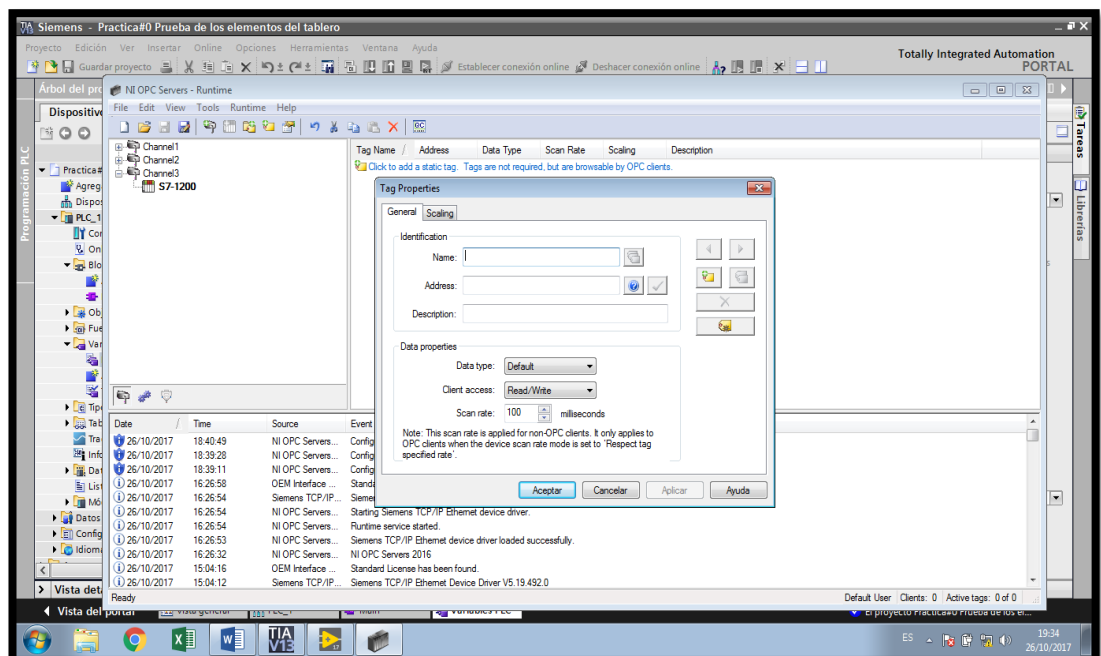


FIGURA 74: NEW TAG

Ingresamos los campos de nombre y dirección de la etiqueta, se procede a dar clic en el botón que tiene un visto para que el programa obtenga la información de dicha variable automáticamente.

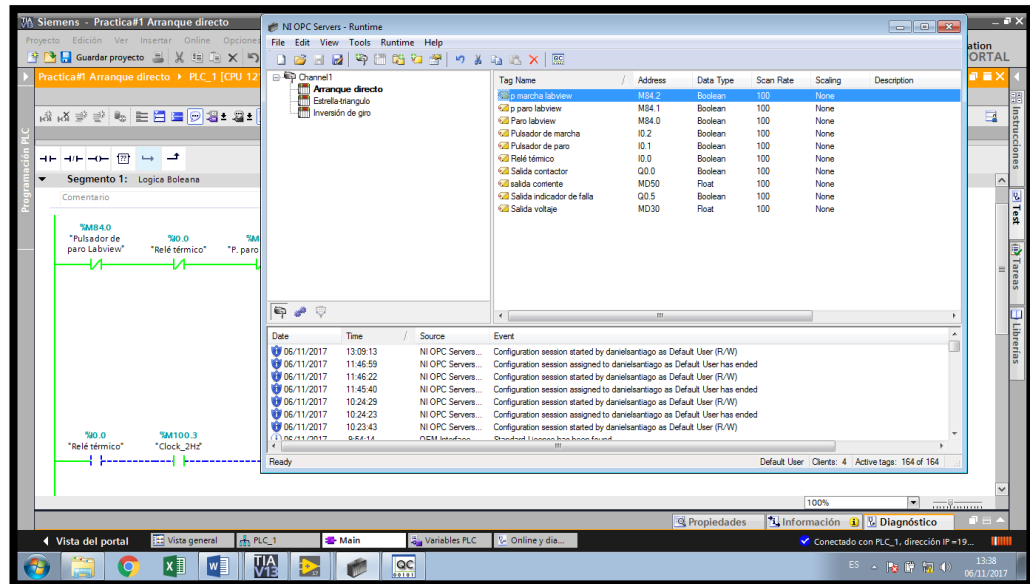


FIGURA 75: INGRESO DE ETIQUETA PARA EL ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR.

Una vez creadas las etiquetas se procede a dar clic en Quick Client para realizar la supervisión de las variables. Se abrirá un árbol con los canales y dispositivos creados. Se escoge la opción Arranque directo que se encuentra en el canal 1 y podremos ver el comportamiento de las variables del circuito.

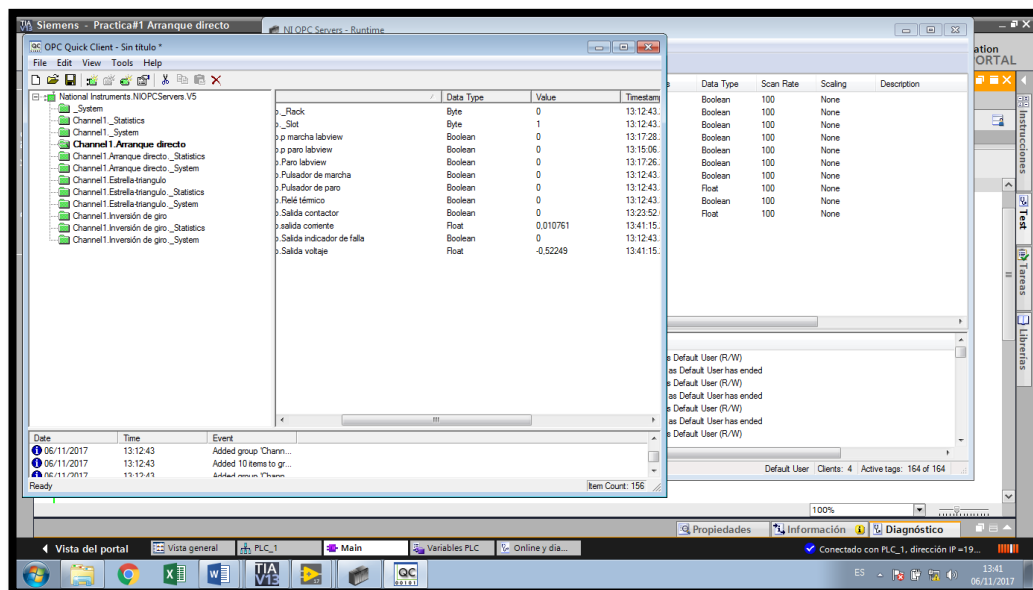


FIGURA 76: LECTURA DE VARIABLES EN QUICK CLIENT.

Una vez conectado el OPC y el PLC se procede a crear las variables en Labview, para lo cual se inicia el programa y se crea un proyecto en blanco.

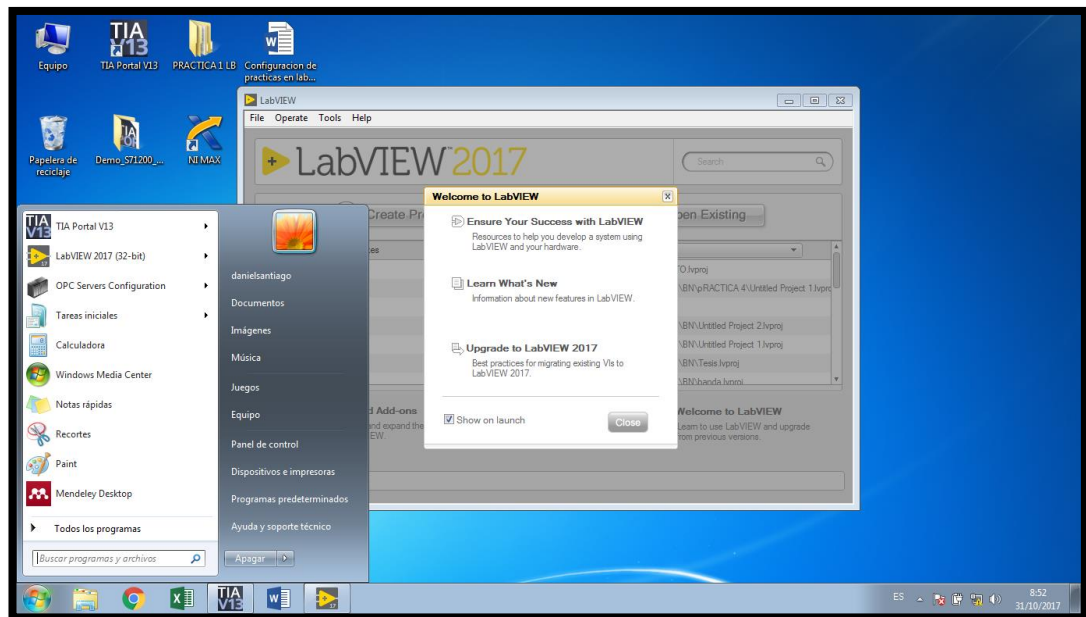


FIGURA 77: INICIO DE LABVIEW

Luego de crea el proyecto, se procede a dar clic derecho sobre My Computer. Clic izquierdo sobre control.

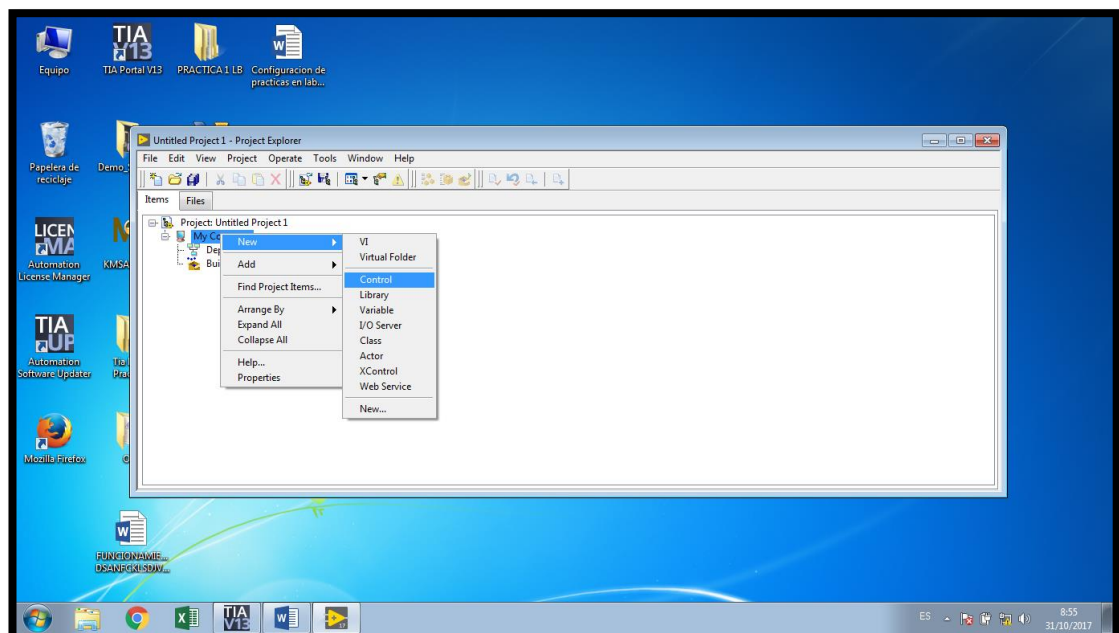


FIGURA 78: CREAR CONTROL.

Para este ejercicio se crearon varios controles, el procedimiento es igual. Para este caso se establecerá la forma que tendrá un indicador led al encendido y apagado de una variable. Clic derecho sobre la ventana de control, escogemos el led que se encuentra en la carpeta Boolean y lo arrastramos a la ventana de control.

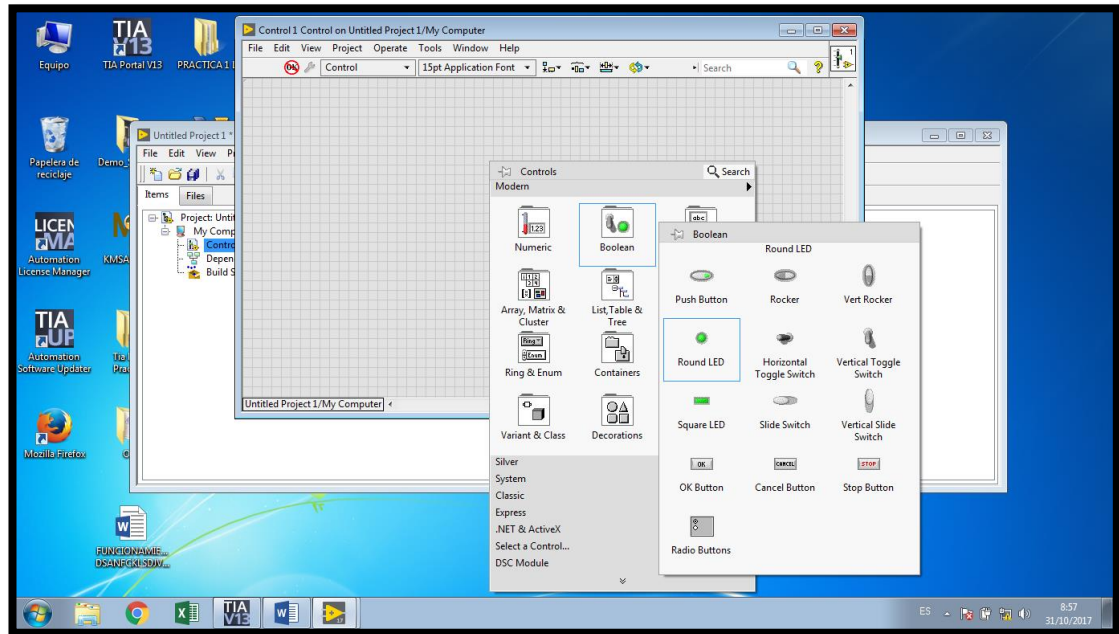


FIGURA 79: CONTROL LED

Para añadir el diseño que tendrá nuestro indicador, vamos a la barra de herramientas en la opción Tools – DSC Module – Image Navigator.

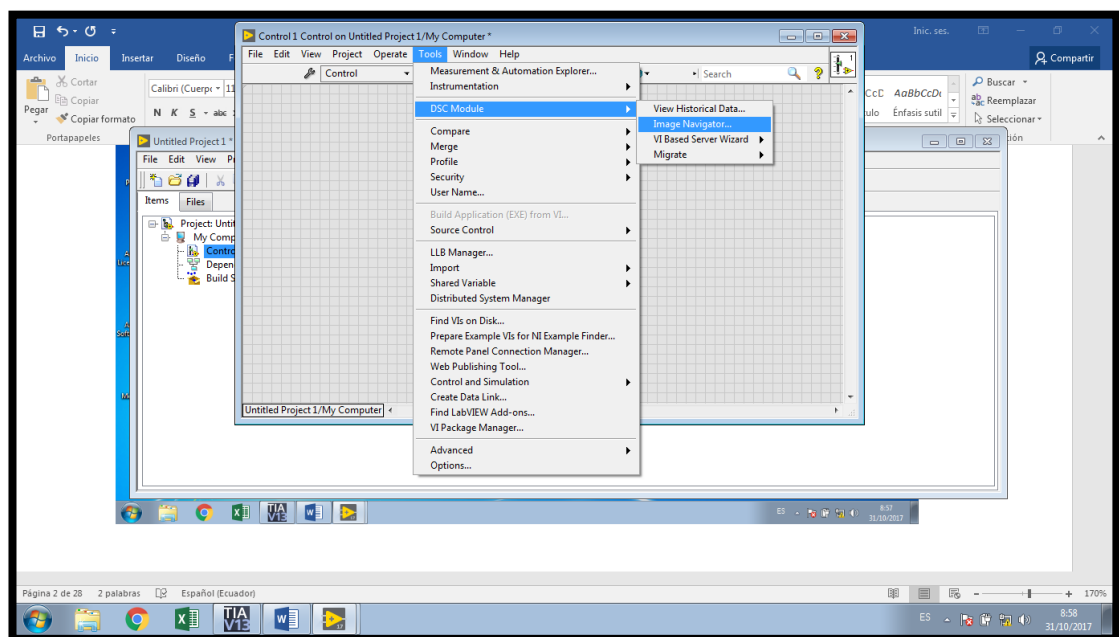


FIGURA 80: BIBLIOTECA DE IMÁGENES.

Podremos escoger entre múltiples diseños la imagen que necesitamos, una vez seleccionada la arrastramos a la ventana de control.

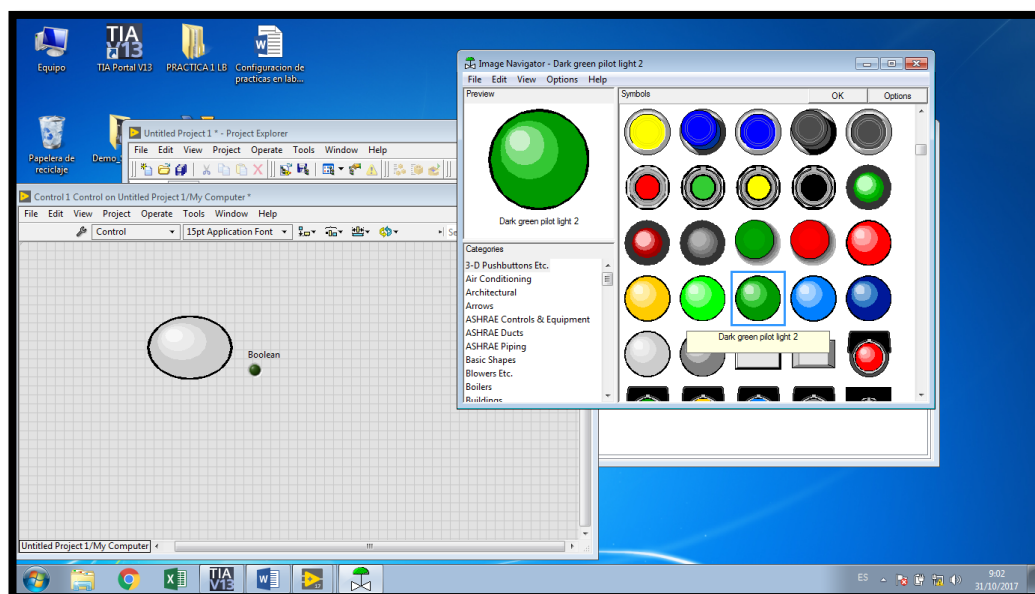


FIGURA 81: INGRESO DE IMÁGENES A LA VENTANA DE CONTROL.

Para fijar esas imágenes a los estados (0-1) de mi indicador led cortamos una de las imágenes introducidas en la ventana de control, cambiamos al modo personalizado. (Custom Mode) que se encuentra debajo de la opción.

Clic derecho en el indicador y escoger la opción **Import Picture**.

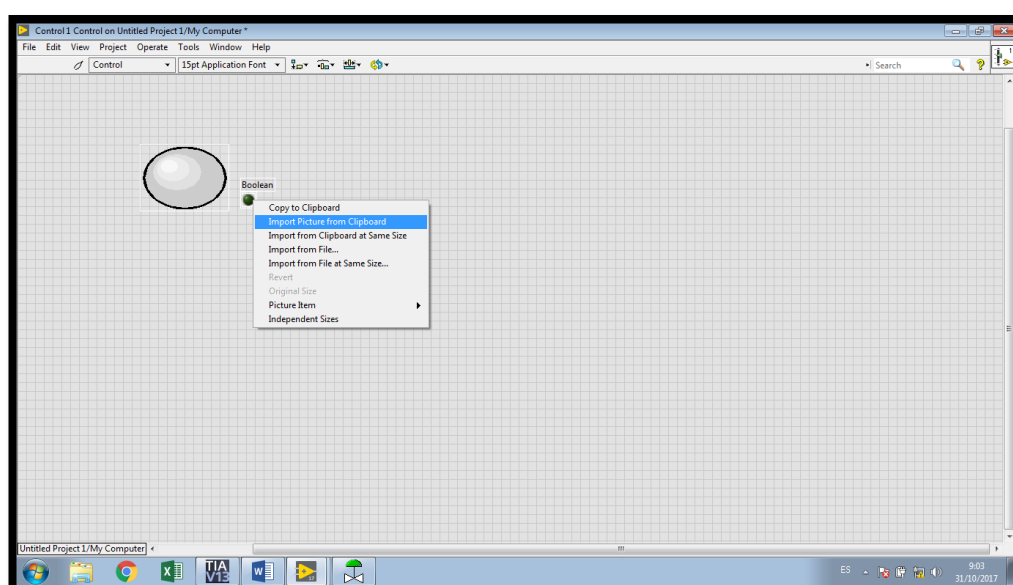


FIGURE 82: ASIGNACIÓN DE FIGURAS.

El proceso se hace para ambos estados, luego de esto se procede a guardar el control.

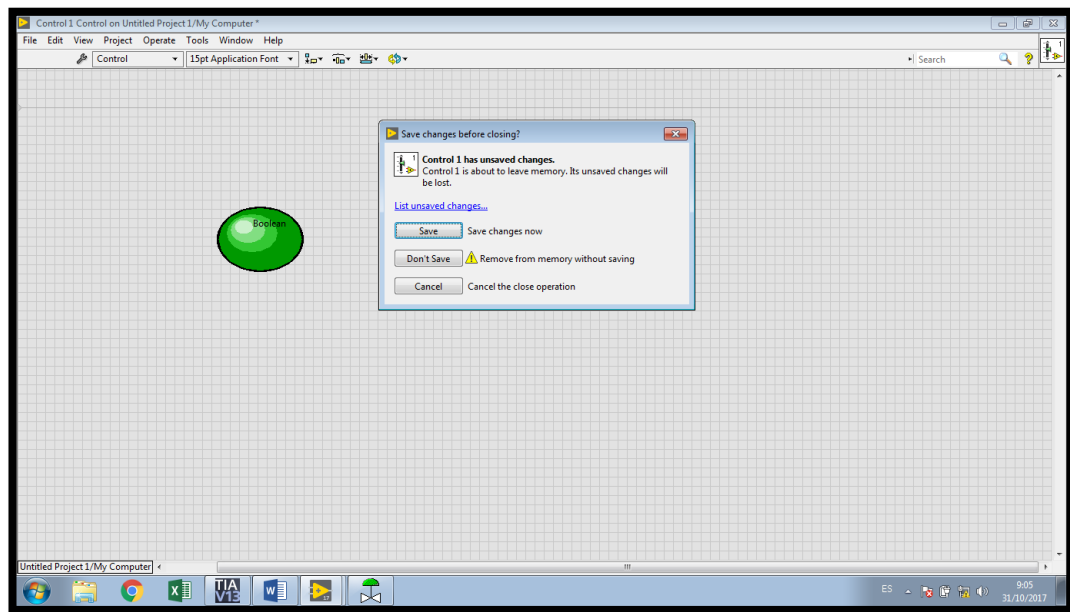


FIGURA 83: GUARDAR EL CONTROL.

Se procede a crear un VI que consiste en una ventana con el diagrama de bloque y el panel frontal del circuito.

En el panel frontal se puede ingresar variables directamente, no tendrán una forma personalizada. Con clic derecho en el espacio, escogemos la opción *Select a control* para el ingreso de diseños personalizados.

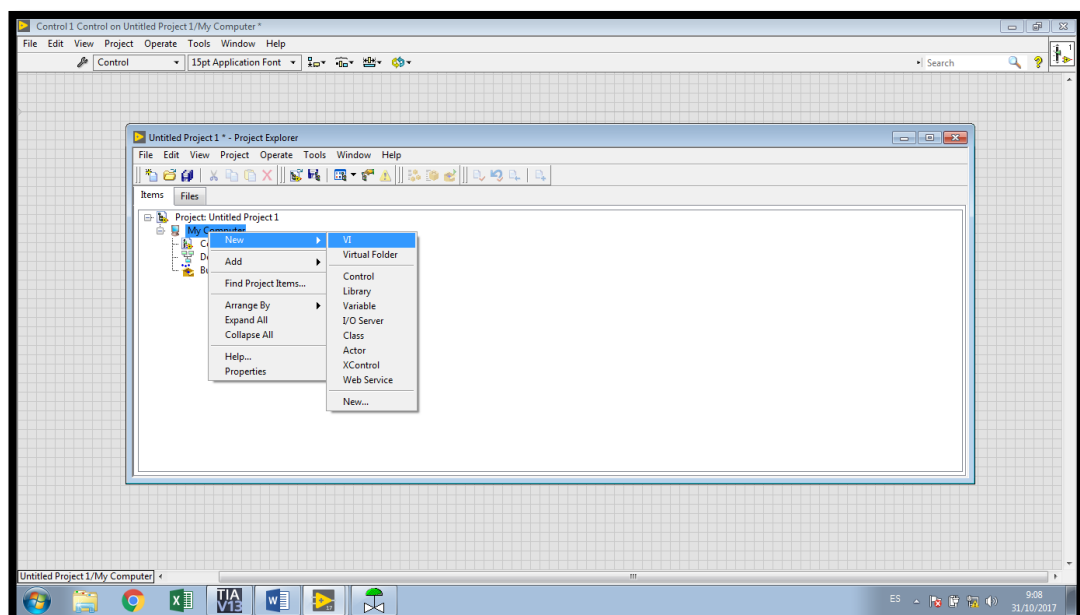


FIGURA 84: CREAR UN VI.

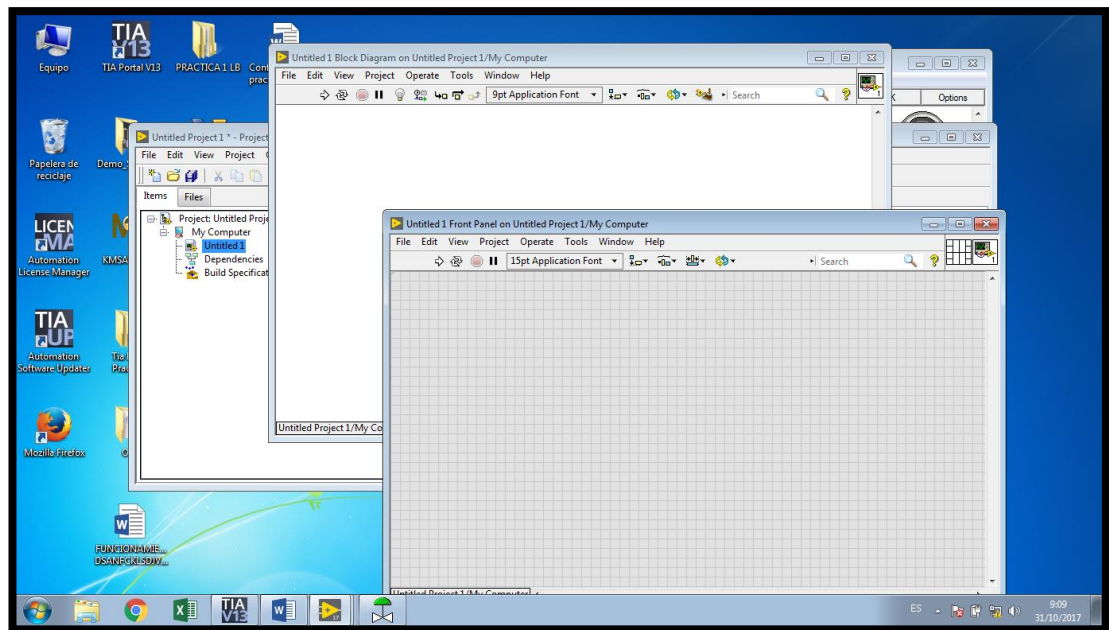


FIGURA 85: VENTANAS QUE CONFORMAN EL VI.

En el panel frontal introducimos todos los elementos que se necesitarán para la visualización y control de esta práctica.



FIGURA 86: PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.

Una vez introducidos los elementos, los asignamos a las variables que se encuentran introducidas en el OPC Server. Esto permitirá la visualización y control en tiempo real.



FIGURA 87: INGRESO DE VARIABLES EN EL SISTEMA.

En la ventana del diagrama de bloque se puede observar todos los elementos utilizados en el circuito. Para que podamos realizar una simulación continua se coloca una estructura llamada While Loop y todos los elementos deben estar dentro de esta estructura. Para hacer la simulación del giro del motor se utilizan varias estructuras, la primera es una estructura condicional que permitirá que cuando ocurra un estado en su entrada se ejecuta el circuito que se encuentra en su interior. La segunda estructura es la de secuencia, al colocarla hay que aumentarle otra secuencia dando clic derecho y escogiendo la opción ADD. Dentro de los cuadros de la estructura de secuencia se agrega un temporizador con una constante, el temporizador usado maneja unidades de milisegundo.

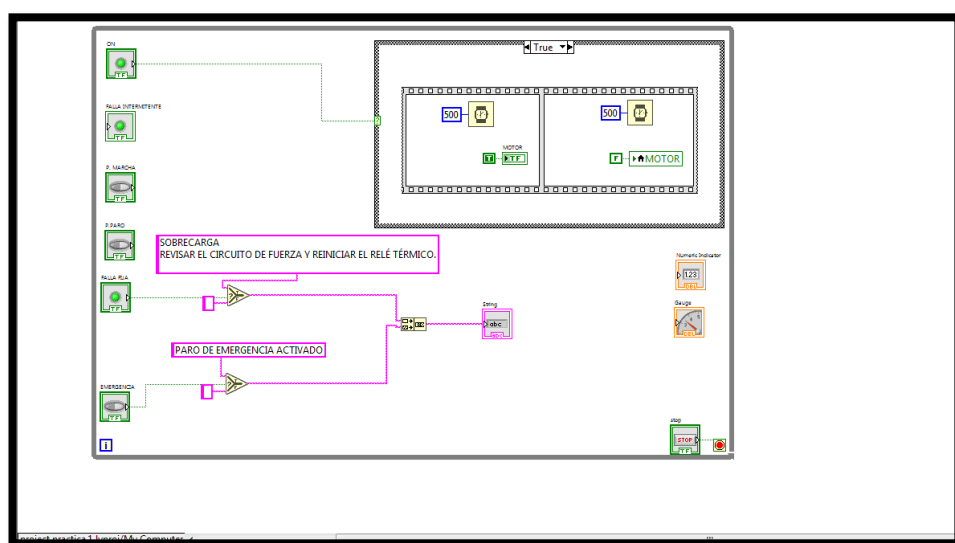


FIGURA 88: DIAGRAMA DE BLOQUES.

5.1.6 Funcionamiento:

Al tener listo el panel frontal con los elementos asignados a las variables, procedemos a realizar la simulación dando clic en la flecha que se encuentra al lado izquierdo de la ventana.

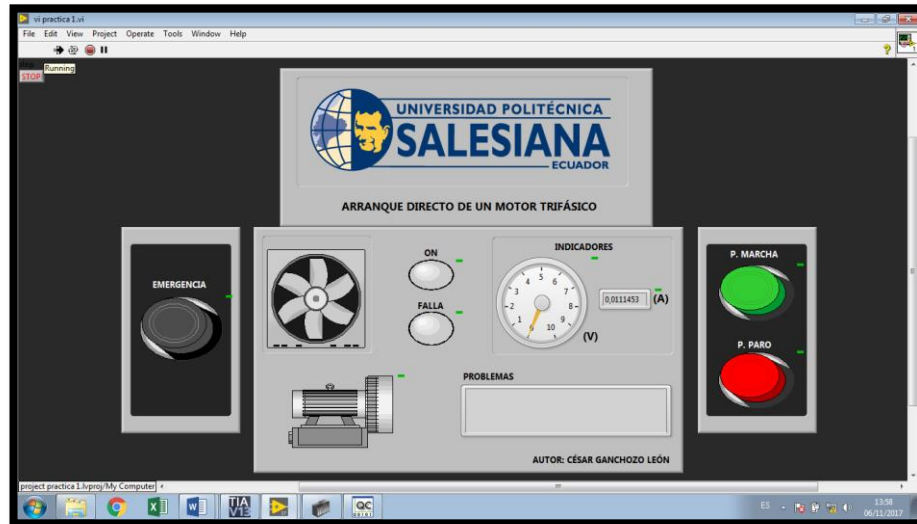


FIGURA 89: PANEL DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.

Se activa el modo de visualización en el programa TIA PORTAL (hay que recordar que el programa ya debe estar compilado en el PLC). A la salida del bloque SCALE_X se mostrarán las variables analógicas pertenecientes al voltaje y a la corriente que usa el motor para su funcionamiento. Al estar desactivadas las salidas del PLC no permiten el funcionamiento de los contactores y como resultado tampoco el funcionamiento del motor.

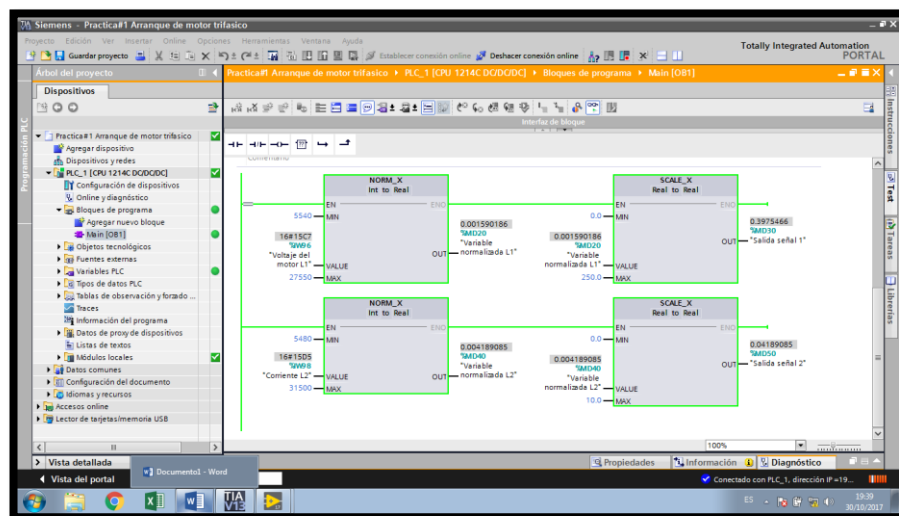


FIGURA 90: LECTURA DE “V” Y “I” CON MOTOR EN REPOSO.

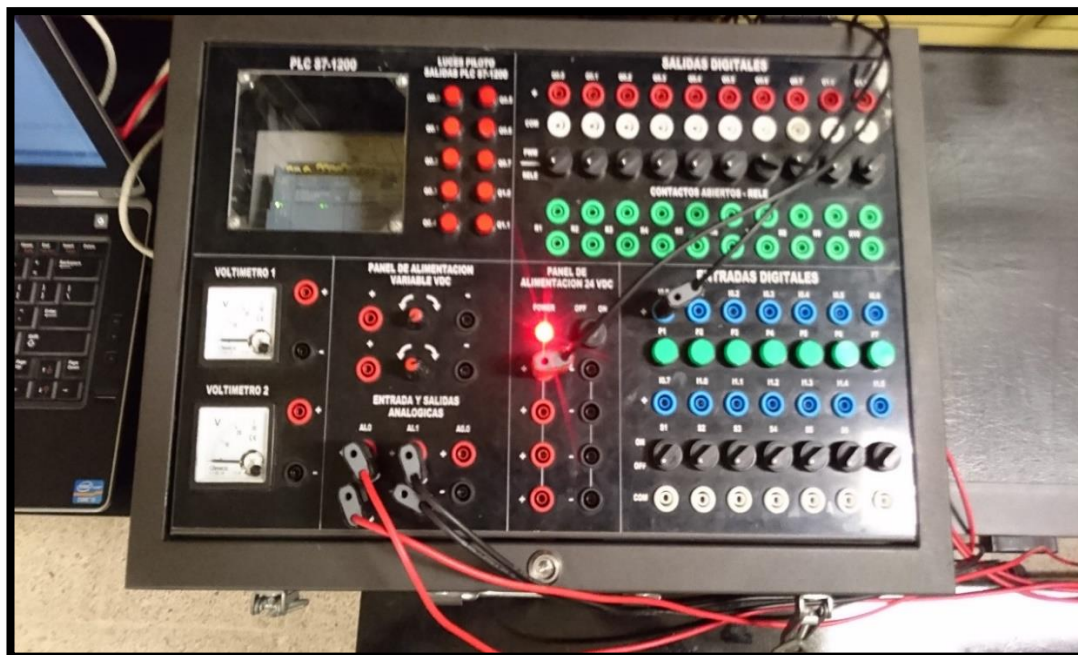


FIGURA 91: MODULO EN ESTADO DE REPOSO.

Según la lógica usada para la programación, al presionar sobre el pulsador que se encuentra conectado a la entrada I0.2 o al dar clic sobre la imagen del pulsador de marcha que se encuentra en la plataforma de Labview (M84.2); se activa la salida Q0.0 y se retroalimenta a través de sus contactos abiertos.

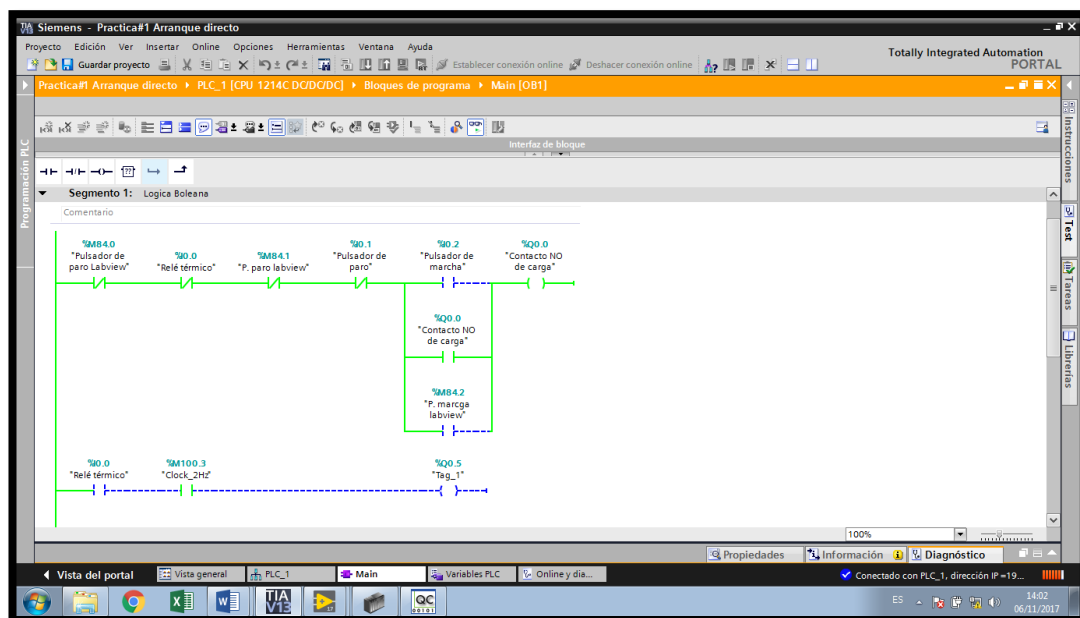


FIGURA 92: ACCIONAMIENTO DE SALIDA Q0.0.

La salida Q0.0 se encuentra activada. Para activar el contactor cuya bobina de alimentación debe ser sometida a 220VAC se debe seleccionar la opción RELÉ como tipo de salida, esto activará un relé de 24VDC que se encuentra al interior del módulo didáctico y mediante la conmutación de su contacto abierto podremos cerrar el circuito de alimentación del contactor.

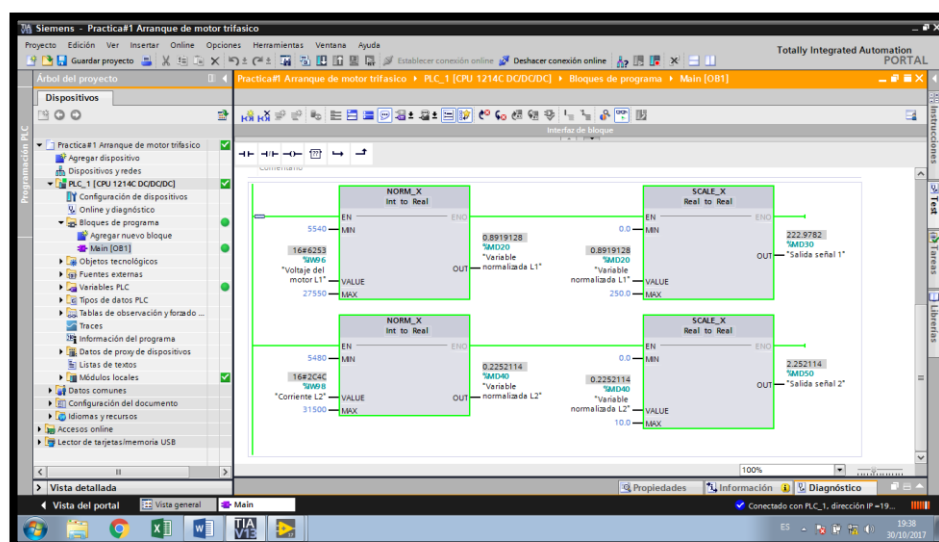


FIGURA 93: VISUALIZACIÓN DE VARIABLES ANALOGICAS.

Al activarse el contactor permitirá la alimentación del motor con el circuito de fuerza. En el momento en el que funcione existirá una corriente demandada y un voltaje en los terminales del motor.



FIGURA 94: ACCIONAMIENTO DIRECTO DEL MOTOR (LABVIEW).

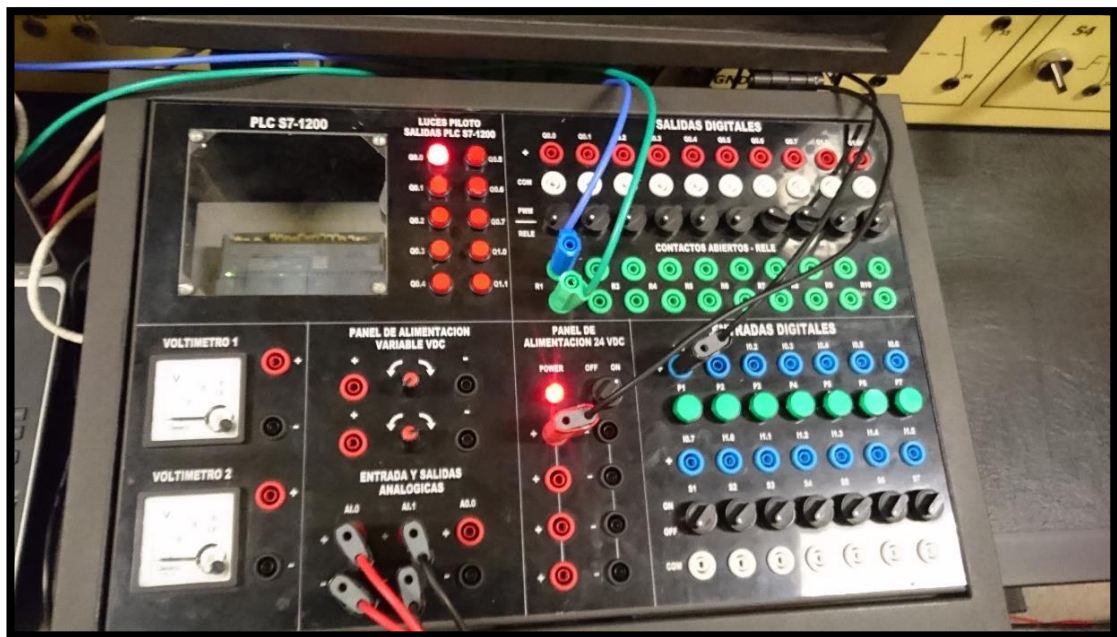


FIGURA 95: ACTIVACIÓN DE LA SALIDA Q0.0 DEL MÓDULO.

Al existir una falla en el motor, el relé térmico hará cambiar de estado a sus contactos (NO y NC), esto permitirá que podamos controlar una señal de 24VDC para la activación de la alarma de falla. Esta señal de alarma se compone de dos señales, la primera es una señal fija con el nombre de I0.0; con esta podremos controlar la lectura del mensaje. La segunda señal es una variable de la salida Q0.5, al tener conectada en serie una marca de ciclo esto permitirá que se active a una frecuencia específica.



FIGURA 96: SENAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO (LABVIEW).

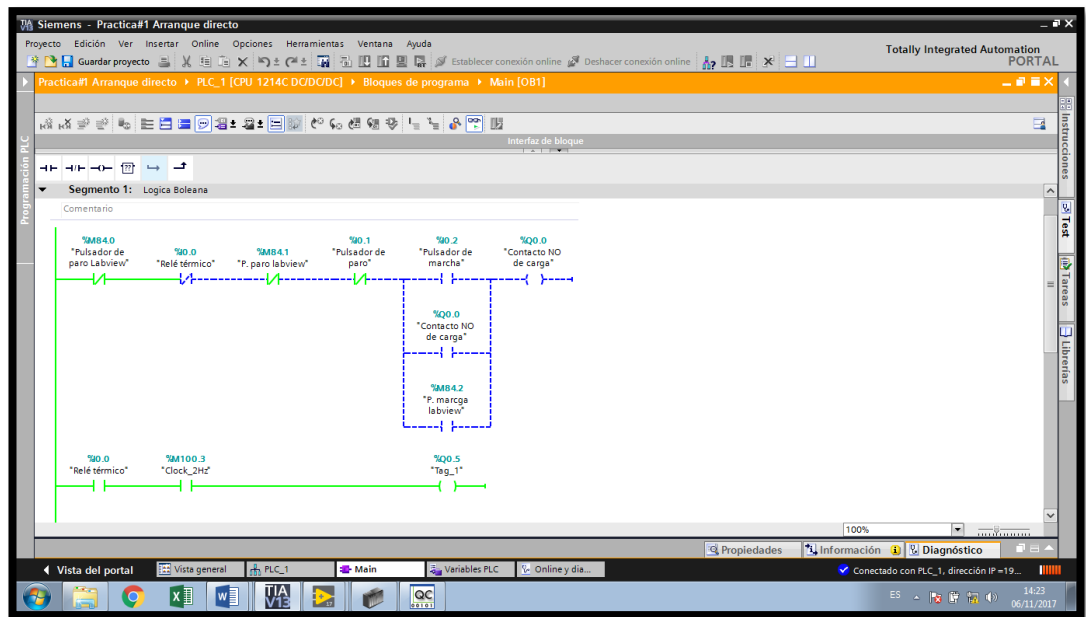


FIGURA 97: SEÑAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO (TIA PORTAL).

En el circuito se incorporó marcas para realizar la parada normal y la de emergencia del sistema. Estas marcas se encuentran conectadas en serie a la Salida Q0.0. y están bajo la dirección M84.0 y M84.1 respectivamente.



FIGURA 98: PARADA DE EMERGENCIA EN EL ARRANQUE (LABVIEW).

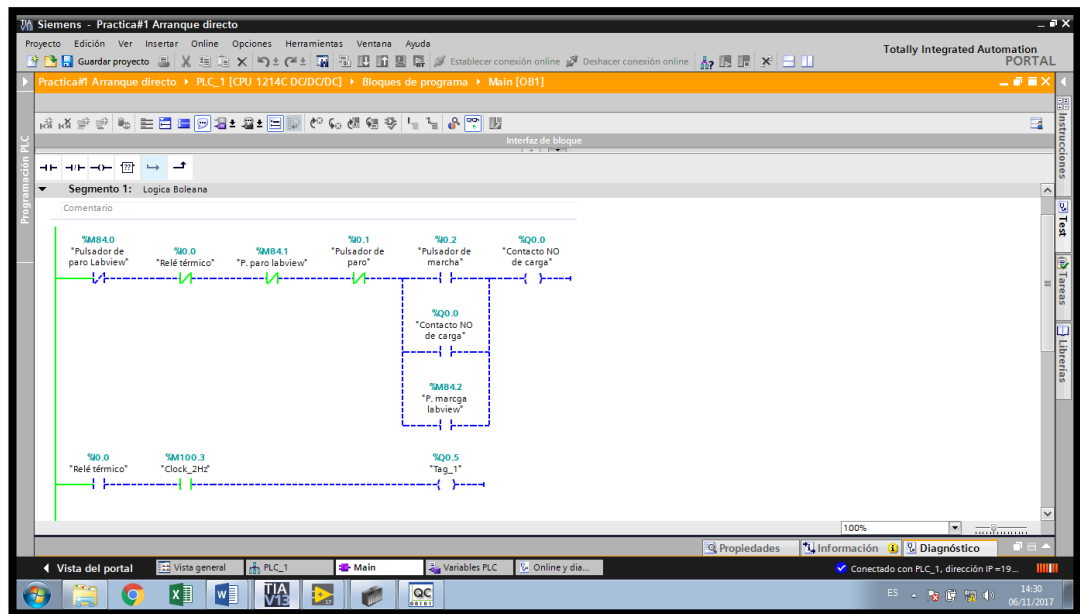


FIGURA 99: PARADA DE EMERGENCIA EN EL ARRANQUE DIRECTO (TIA PORTAL).

En el caso de que el paro de emergencia este presionado y este activada la señal de falla por sobrecarga se mostraran los dos mensajes en el recuadro de problemas.



FIGURA 100: ALARMAS.

5.2 Practica 2

5.2.1 Tema:

Programación y comunicación del PLC para el arranque directo de un motor trifásico con opción de inversión de giro.

5.2.2 Objetivos:

Objetivo general:

- Comunicar el módulo didáctico con la PC y controlar el arranque directo y la inversión de giro de un motor trifásico de 6 terminales.

Objetivo específico:

- Crear un programa que controle el arranque de un motor trifásico.
- Comunicar el PLC con la PC para obtener las lecturas de las variables de voltaje y corriente AC.
- Crear una plataforma en Labview en la que se muestren las variables de voltaje y corriente AC obtenidas del motor trifásico, a través del Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.

5.2.3 Recursos:

- Módulo para automatización de procesos con el PLC S71200 DCDCDC, cable profinet y conectores de red.
- Computadora con el programa Tia Portal v 13.0 y Labview 2017.
- Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.
- Banco de pruebas para sistemas de control industrial programable.

5.2.4 Tiempo estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

5.2.5 Procedimiento:

Para la realización de esta práctica primero se debe abrir el programa TIA PORTAL. El circuito por realizar es el de inversión de giro de un motor, por lo cual se recurre a conocimientos de la materia Instalaciones Industriales. En este circuito se utilizan dos salidas digitales para la activación de contactores, en los cuales se invierte de posición dos de los conductores de alimentación de fuerza.

El circuito cuenta con las marcas M100.0 y M100.4 las cuales gobiernan contactos cerrados y permiten desactivar el circuito mediante la plataforma creada en labview. Las direcciones de las entradas físicas para realizar el paro por sobrecarga del motor y el paro general del circuito son la I0.0 y la I0.1 respectivamente. Para la activación de la salida que permitirá la alimentación del motor en sentido horario se utiliza la dirección I0.2 para la entrada física y la dirección M100.2 para la activación mediante la plataforma de Labview. Para la activación de la salida que permitirá la alimentación del motor en sentido antihorario se utiliza la dirección I0.3 para la entrada física y la dirección M100.3 para la activación mediante la plataforma de Labview. Ambas salidas tienen una retroalimentación mediante uno de sus contactos abiertos.

Nota: El bloqueo eléctrico se lo debe realizar en la programación y de forma física ya que se debe asegurar de que ambos contactores no operaran en el mismo tiempo, este tipo de circunstancia daría paso a un cortocircuito.

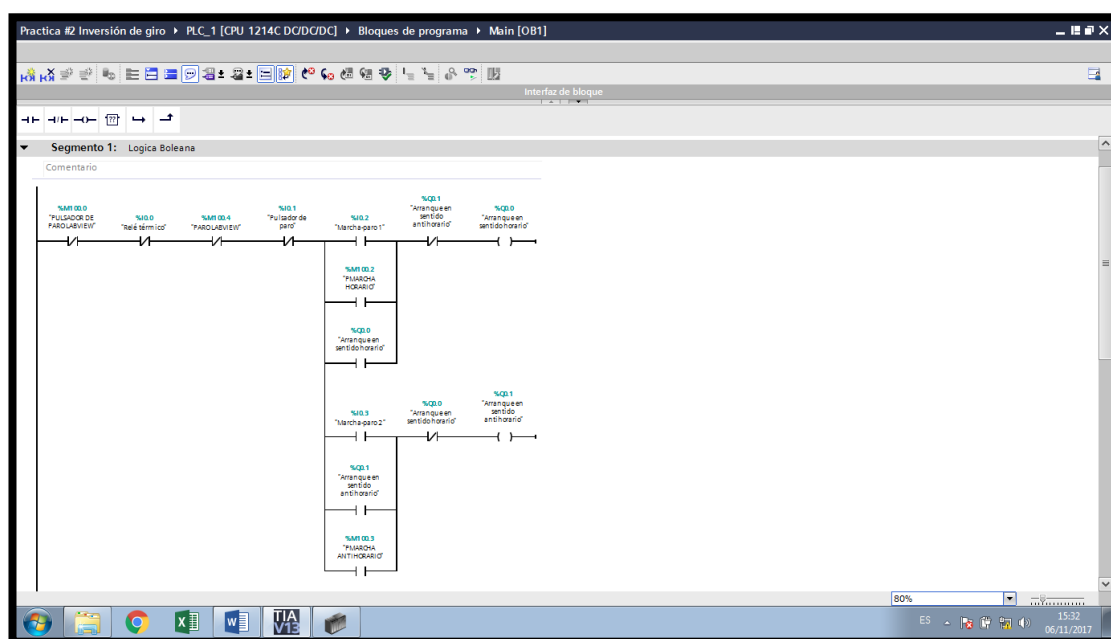


FIGURA 101: CIRCUITO DE CONTROL DE INVERSIÓN DE GIRO.

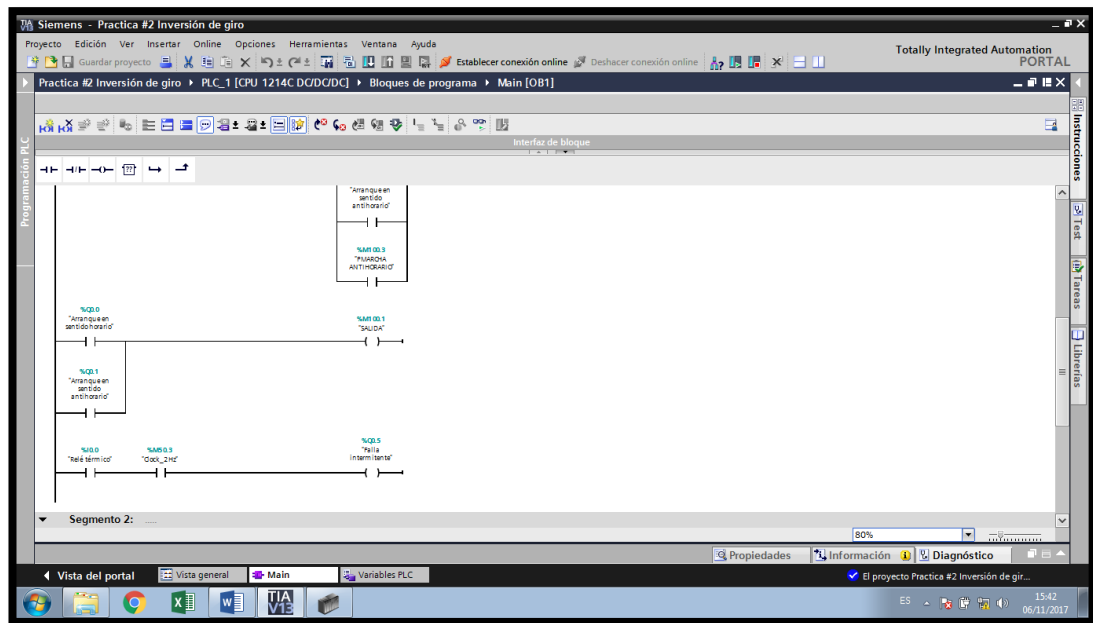


FIGURA 102: CONTROLES PARA SEÑALIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.

Para la lectura de las entradas analógicas se usan las funciones `Norm_X` y `Scale_X`, las direcciones usadas para la entrada de estas funciones se encuentra en la información del módulo de entradas y salidas analógicas. Para ingresar a esta información se debe dar clic en **Redes y dispositivos** que se encuentran en el árbol del proyecto en el programa **TIA PORTAL**.

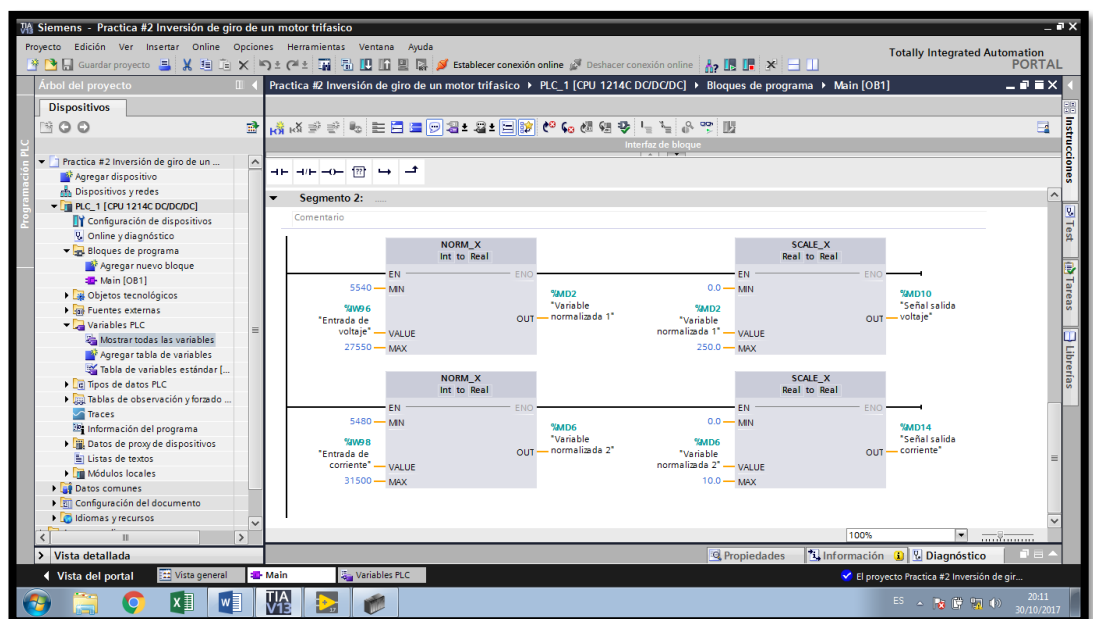


FIGURA 103: INGRESO DE FUNCIONES `NORM_X` Y `SCALE_X`

Para la visualización del estado del circuito se procede a compilar el programa mediante la opción cargar en dispositivo, hardware y software. Una vez seleccionada estas opciones se escoge el adaptador de red, el dispositivo y se procede a realizar la carga. Terminado el proceso se procede a dar clic en la opción **Establecer Conexión Online**.

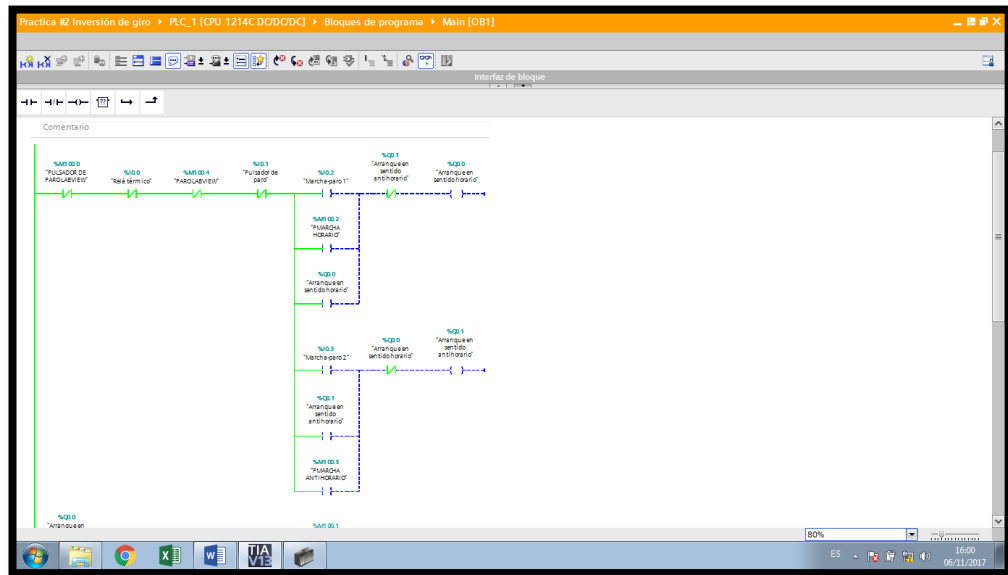


FIGURA 104: VISUALIZACIÓN EN LINEA DEL PROGRAMA.

La marca de salida activada por los contactos abiertos de las salidas Q0.0 y Q0.1 me permitirá obtener una señal que activa el led de encendido en el panel frontal de Labview.

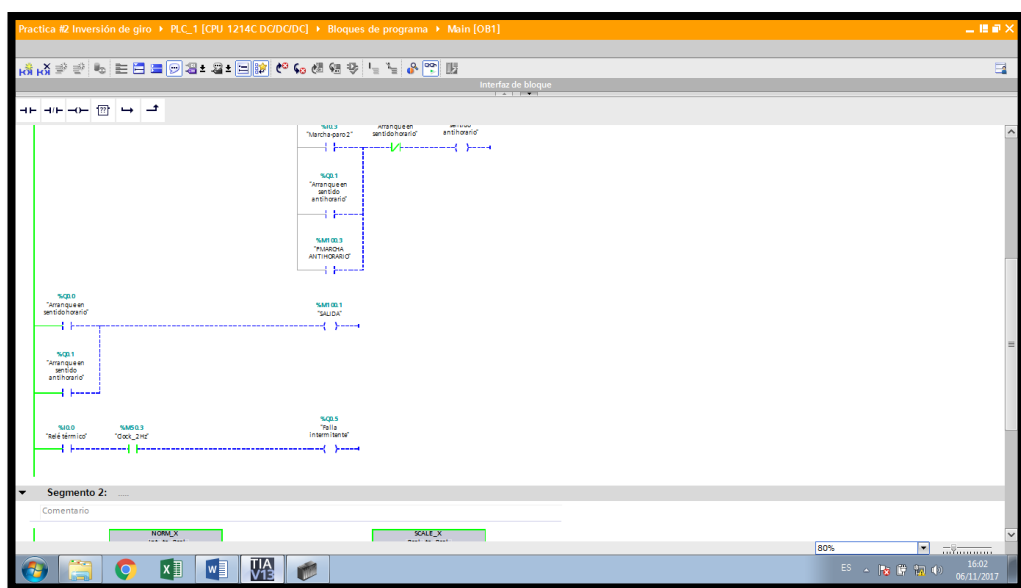


FIGURA 105: LÓGICA AUXILIAR PARA LA VISUALIZACIÓN DE FALLA.

Al activarse la visualización Online los bloques SCALE_X mostrarán los valores presentes en los terminales de conexión. Ya que el motor se encuentra desactivado los valores de voltaje y corriente son 0.

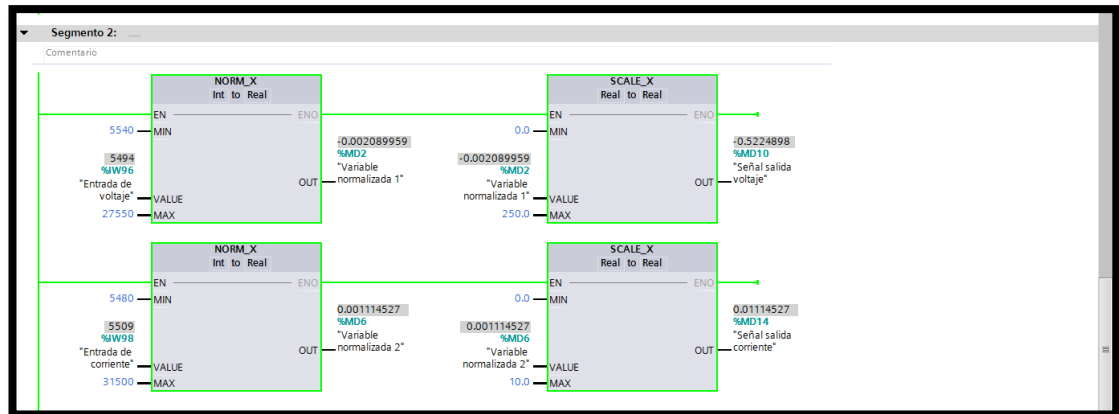


FIGURA 106: VARIABLES CON MOTOR EN REPOSO.

Una vez obtenida la conexión online, se abre el administrador OPC Server para agregar otros dispositivos. Estos dispositivos tendrán la misma característica al dispositivo creado anteriormente (modelo del PLC y dirección IP del dispositivo de la práctica#1).

Después de crear el dispositivo se deben ingresar las direcciones de las variables que se visualizaran en Labview. Una vez terminado con el ingreso de las variables se procede a dar clic en Quick Client para visualizar los datos entregados por el PLC.

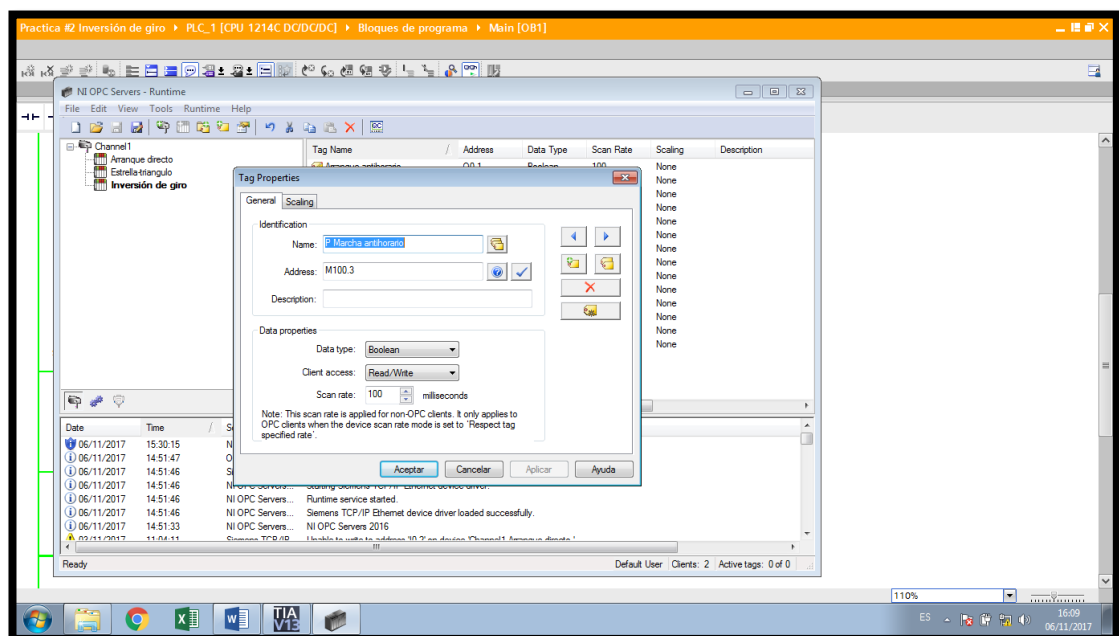


FIGURA 107: AGREGAR DIRECCIONES DE VARIABLES AL NUEVO DISPOSITIVO.

El siguiente paso es crear un proyecto en Labview, crear o ingresar los controles previamente creados en la plataforma, crear un VI, ingresar los controles y asignarlos a una variable del OPC Server.

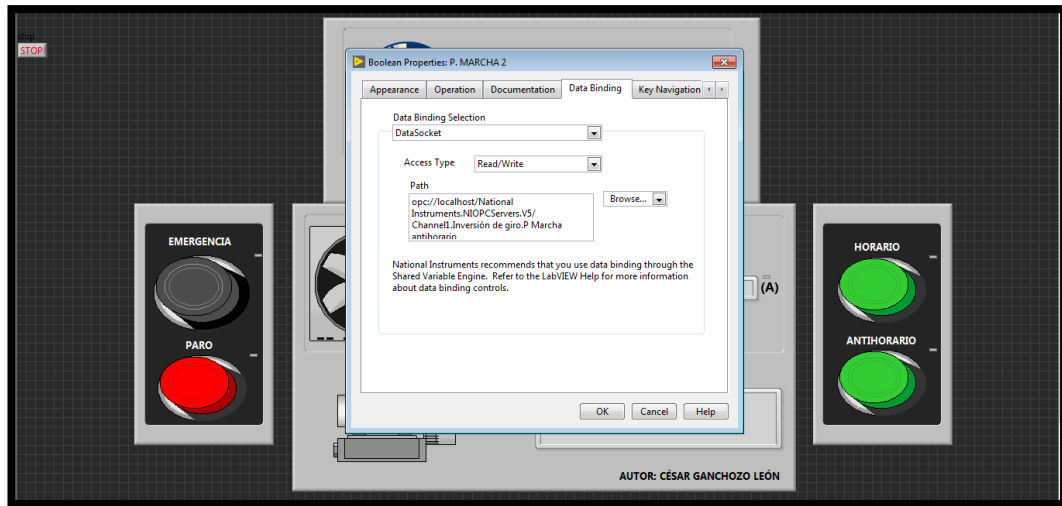


FIGURA 108: ASIGNACIÓN DE VARIABLES OPC SERVER.

Para realizar una simulación continua se coloca una estructura llamada While Loop y todos los elementos deben estar dentro de esta estructura. Para hacer la simulación del giro del motor se utilizan varias estructuras, la primera es una estructura condicional que permitirá que cuando cambie de estado en su entrada se ejecuta el circuito que se encuentra en su interior. La segunda estructura es la de secuencia, al colocarla hay que aumentarle otra secuencia dando clic derecho y escogiendo la opción ADD. Dentro de los cuadros de la estructura de secuencia se agrega un temporizador con una constante, el temporizador usado maneja unidades de milisegundo.

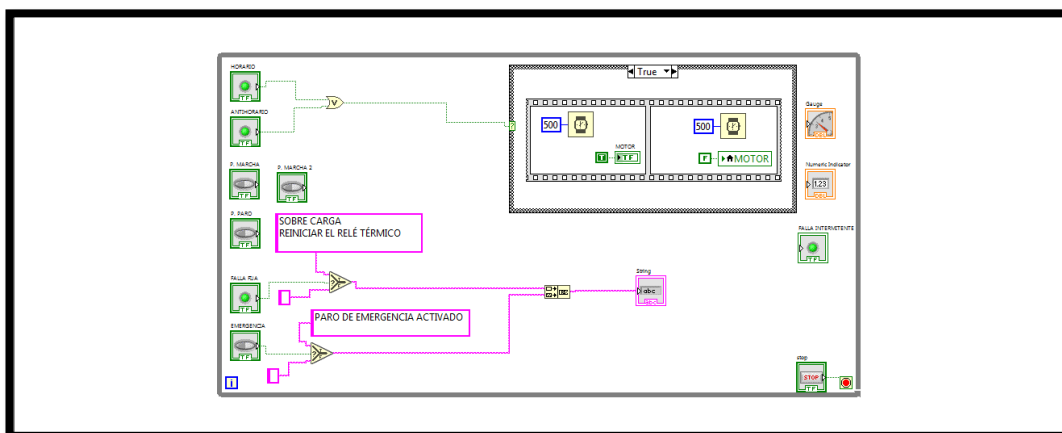


FIGURA 109: DIAGRAMA DE BLOQUES DE INVERSIÓN DE GIRO.

5.2.6 Funcionamiento:

Luego de relacionar los controles con las variables se procede a correr el programa, esto se hace dando clic en la flecha que se encuentra en el lado izquierdo de la pantalla del panel frontal.

Como estado inicial, las señales obtenidas de voltaje y corriente serán 0, los leds permanecerán apagados ya que el circuito no se encuentra activado.

Al presionar sobre los pulsadores que se conectan a las entradas físicas (I0.2 o I0.3) o a por medio de las marcas en la plataforma de Labview (M100.2 y M100.3), se activara una salida que podrá energizara al motor en sentido horario o antihorario.

Al presionar al pulsador que gobierna la entrada I0.2 o M100.2 se activa la salida Q0.0 y se retroalimenta. Para realizar la inversión de giro se debe parar el sistema mediante el pulsador que se encuentra en el módulo (I0.1) o en la plataforma de labview (M100.4).

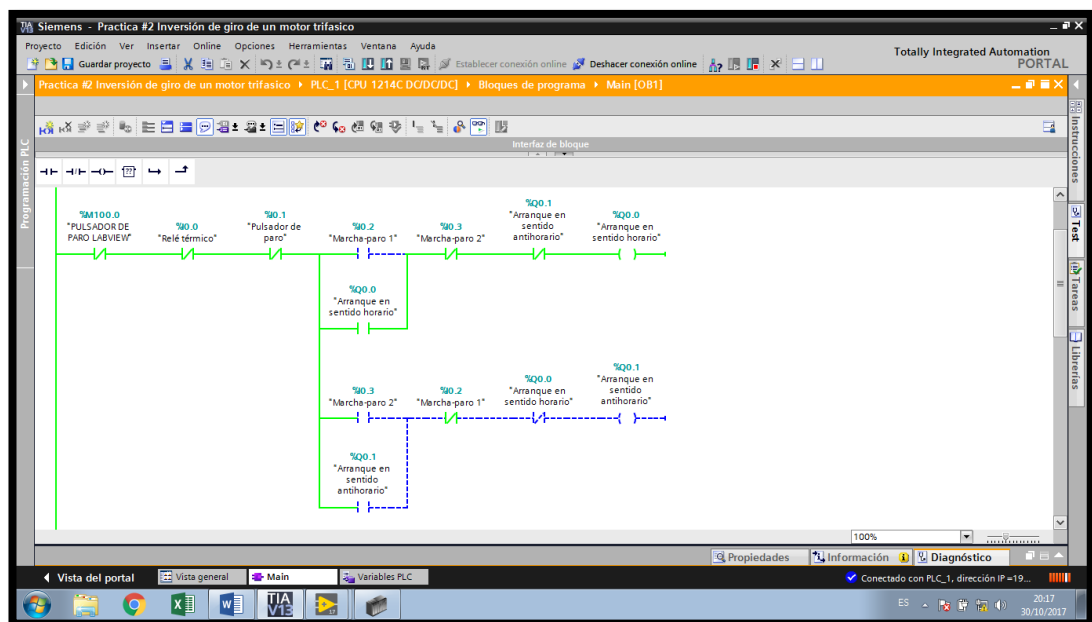


FIGURA 110: ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO.

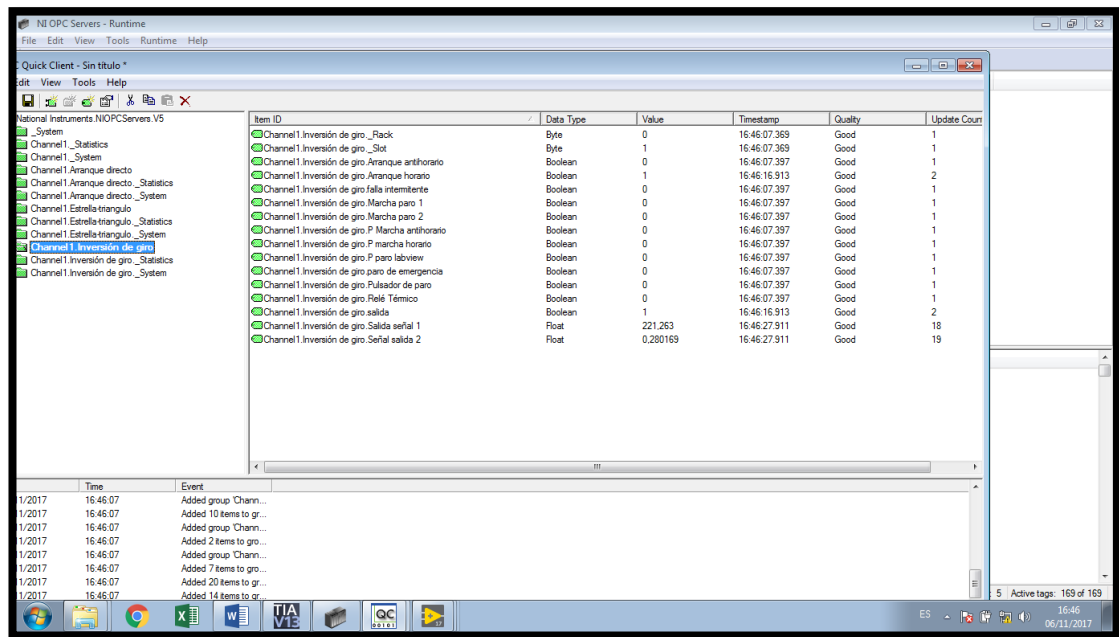


FIGURA 111: ARRANQUE DE MOTOR EN SENTIDO HORARIO (QUICK CLIENT).



FIGURA 112: ACCIONAMIENTO DE SALIDA Q0.0 PARA SENTIDO HORARIO.

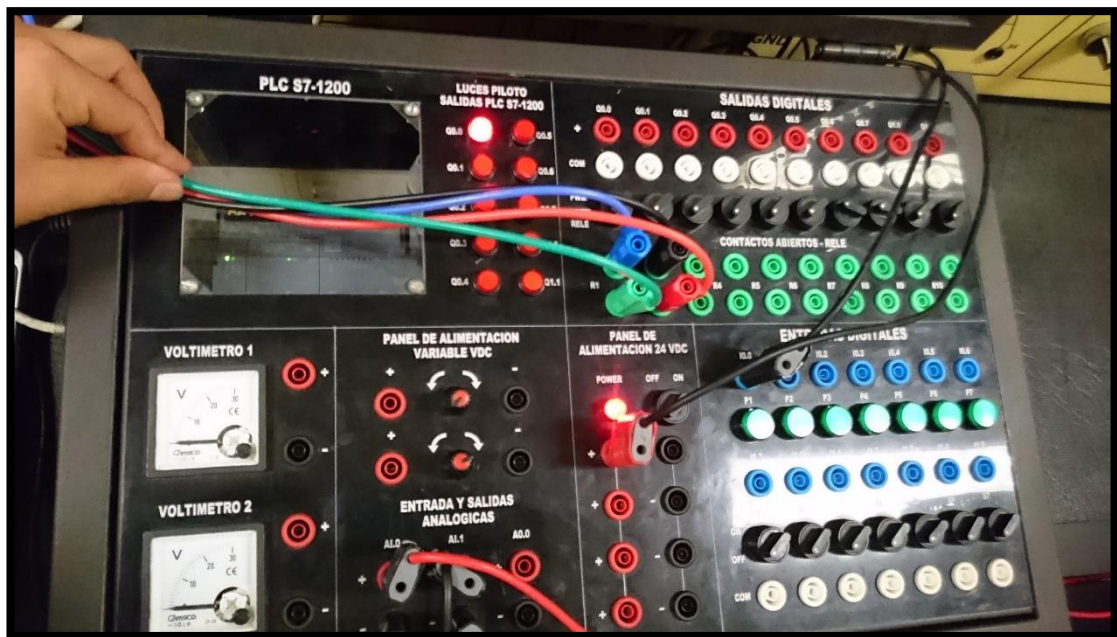


FIGURA 113: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.0 (SENTIDO HORARIO).

Al presionar al pulsador que gobierna la entrada I0.3 o M100.3 se activa la salida Q0.1 y se retroalimenta. Mediante la opción relé en la salida, podremos conmutar la alimentación del contactor. Para realizar la inversión de giro se debe parar el sistema mediante el pulsador que se encuentra en el módulo (I0.1) o en la plataforma de labview (M100.4).

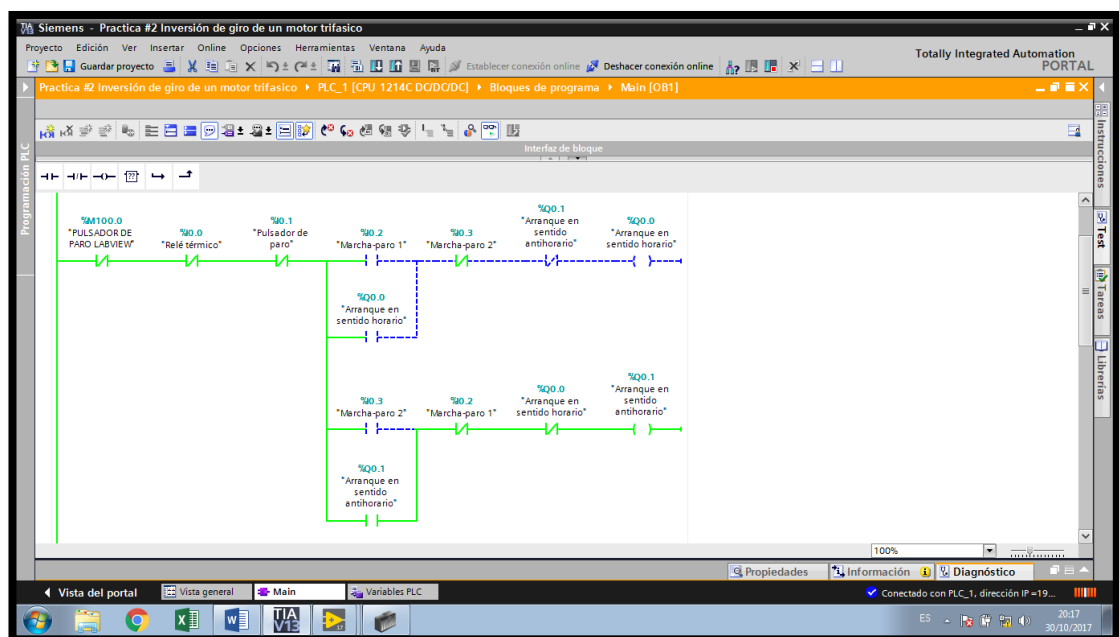


FIGURA 114: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (SENTIDO ANTIHORARIO).



FIGURA 115: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (PANEL FRONTAL DE LABVIEW).

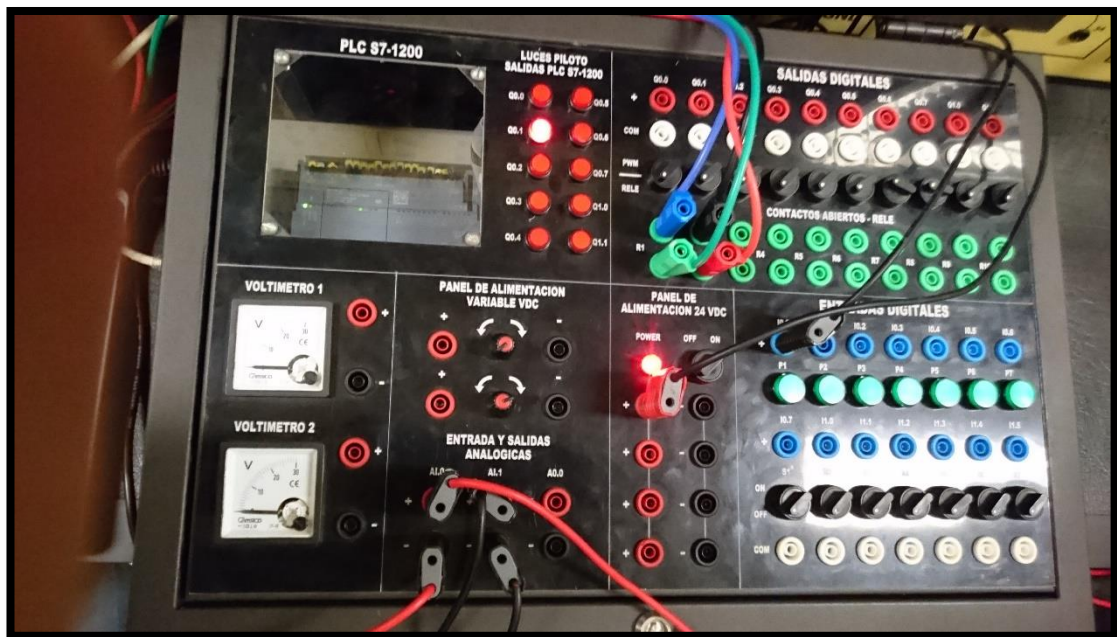


FIGURA 116: ACTIVACIÓN DE SALIDA Q0.1 (MÓDULO).

En ambos sentidos la lectura de voltaje y corriente es similar.

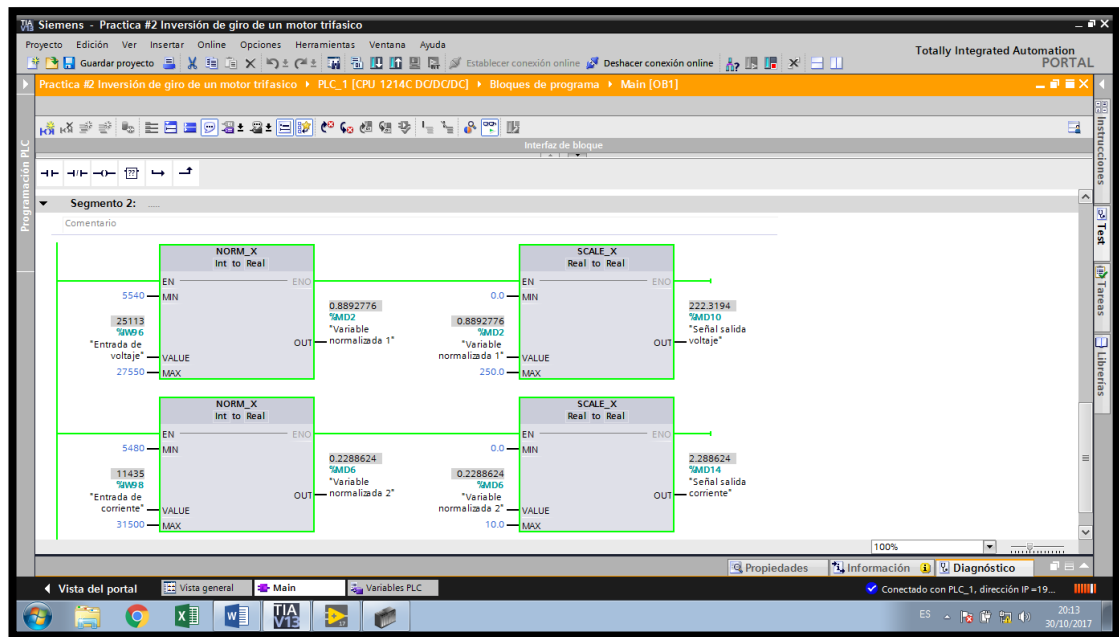


FIGURA 117: VARIABLES DEL MOTOR EN OPERACIÓN CON INVERSIÓN DE GIRO.

Al existir una falla en el motor, el relé térmico hará cambiar de estado a sus contactos (NO y NC), esto permitirá que podamos controlar una señal de 24VDC para la activación de la alarma de falla que parpadea gracias a la conexión en serie de una marca de ciclo.

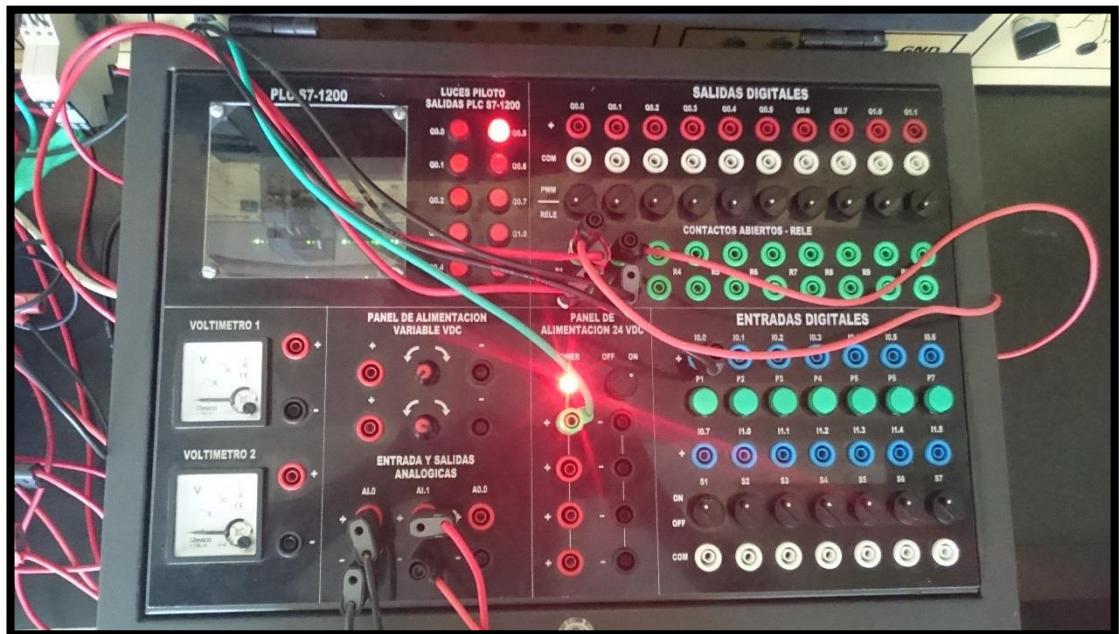


FIGURA 118: ACTIVACIÓN DEL INDICADOR DE EMERGENCIA DEL MÓDULO.



FIGURA 119: SENAL DE FALLA DEL RELÉ TÉRMICO.

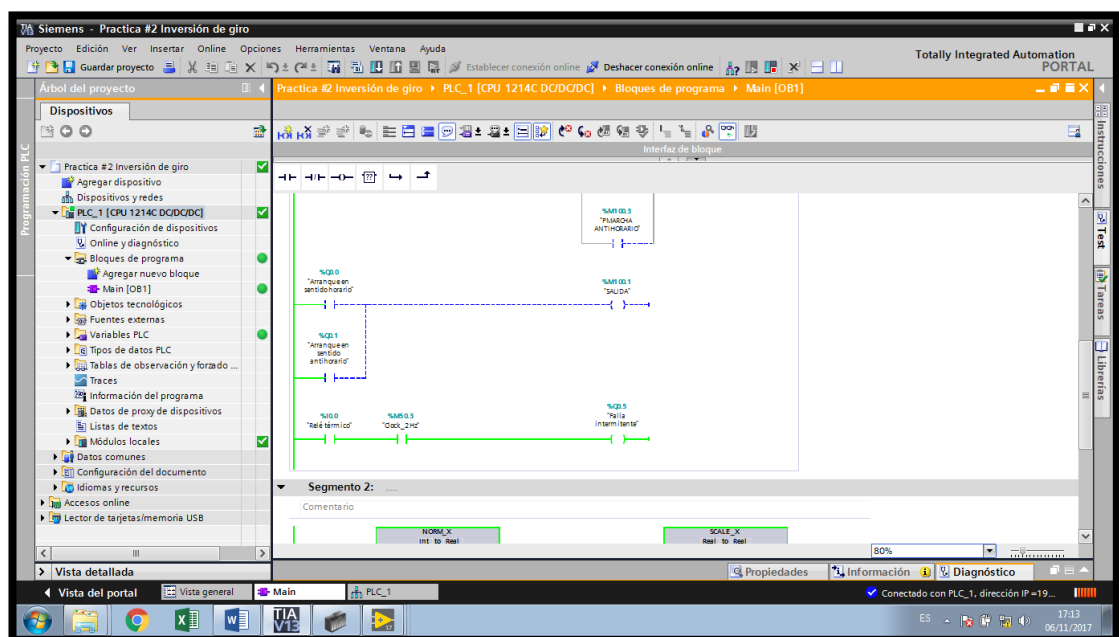
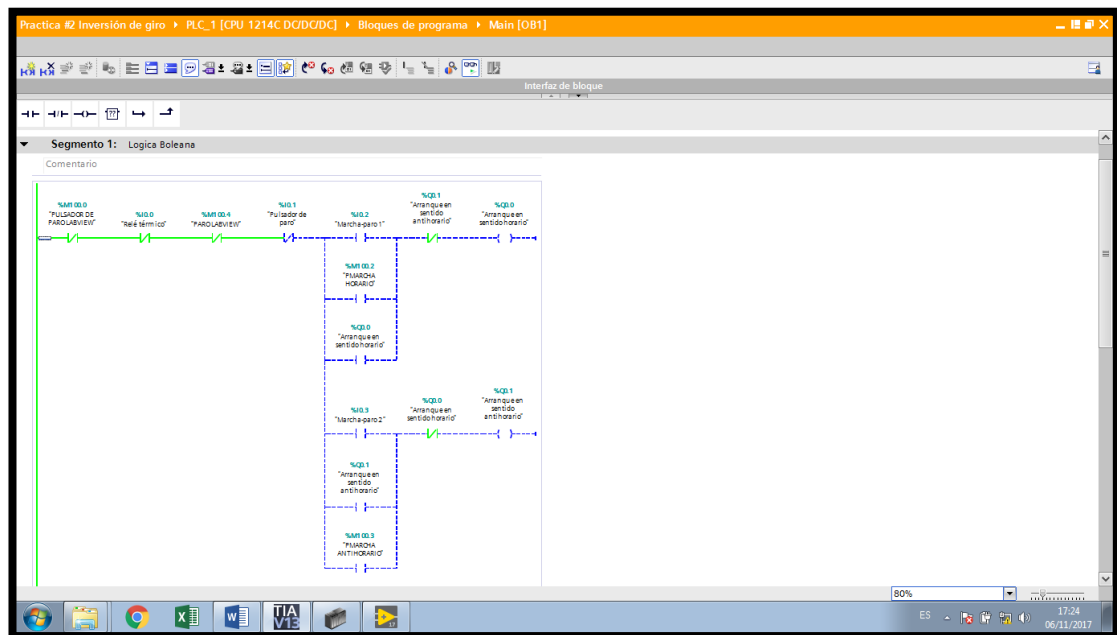


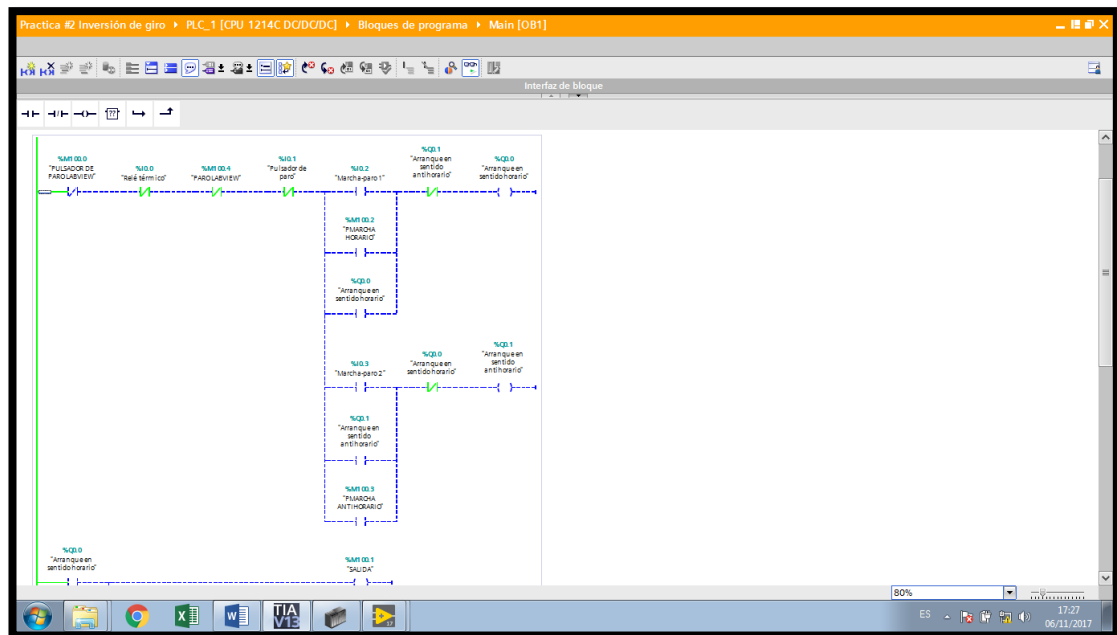
FIGURA 120: ACTIVACIÓN DE SEÑAL DE FALLA (TIA PORTAL).

Al accionar el pulsador de la entrada I0.1 o el de la plataforma de Labview (M100.4), el circuito se desactiva ya que al ser contactos normalmente cerrados funciona como pulsador de paro.



Otra manera de desactivar el sistema es dando clic en el botón negro (Paro de emergencia) que controla a la marca normalmente cerrada en el circuito de control de TIA PORTAL.





En el diagrama de bloque se puede observar todos los elementos utilizados en el circuit circuito, todos los elementos se deben encontrar dentro de la estructura While Loop. Para hacer la simulación del giro del motor se utilizan varias estructuras, una de condición y la de secuencia. En la estructura de condición se ubican los elementos que realizan una función cuando le llegue una señal de 0 o 1.

FIGURA 124: DIAGRAMA DE BLOQUES DE INVERSIÓN DE GIRO.

5.3 Practica 3

5.3.1 Tema:

Programación y comunicación del PLC para el arranque estrella triángulo de un motor trifásico.

5.3.2 Objetivos:

Objetivo general:

- Comunicar el módulo didáctico con la PC y controlar el funcionamiento en conexión estrella y en triángulo de un motor trifásico de 6 terminales.

Objetivo específico:

- Crear un programa que controle el arranque de un motor trifásico.
- Comunicar el PLC con la PC para obtener las lecturas de las variables de voltaje y corriente AC.
- Crear una plataforma en Labview en la que se muestren las variables de voltaje y corriente AC obtenidas del motor trifásico a través del Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.

5.3.3 Recursos:

- Módulo para automatización de procesos con el PLC S71200 DCDCDC, cable profinet y conectores de red.
- Computadora con el programa Tia Portal v 13.0 y Labview 2017
- Módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.
- Banco de pruebas para sistemas de control industrial programable.

5.3.4 Tiempo estimado:

El tiempo estimado para la realización de esta práctica es de 2 horas.

5.3.5 Procedimiento:

Para la realización de esta práctica primero se debe abrir el programa TIA PORTAL. El circuito por realizar es el de arranque estrella - triangulo de un motor trifásico, por lo cual se recurre a conocimientos de la materia Instalaciones Industriales. En este circuito se utilizan tres salidas digitales para la activación de contactores, el primer contactor que permite el paso de las líneas de fuerza directamente al motor, el segundo contactor que mediante el cortocircuito de sus terminales permite el arranque en estrella y el tercer contactor que mediante el cambio de posición de las líneas de fuerza hace que el motor gire en conexión delta.

Para el circuito de control se consideró conveniente usar un pulsador de marcha, uno de paro y uno de paro de emergencia en el panel frontal del programa labview (M84.2, M84.1 y M84.0); una entrada para realizar la desconexión del circuito por falla (I0.2) y pulsadores para el paro y la marcha del sistema que se conectan a las entradas físicas con direcciones I0.0 e I0.1 respectivamente. La marca utilizada para el pulsador de paro en labview es la M84.

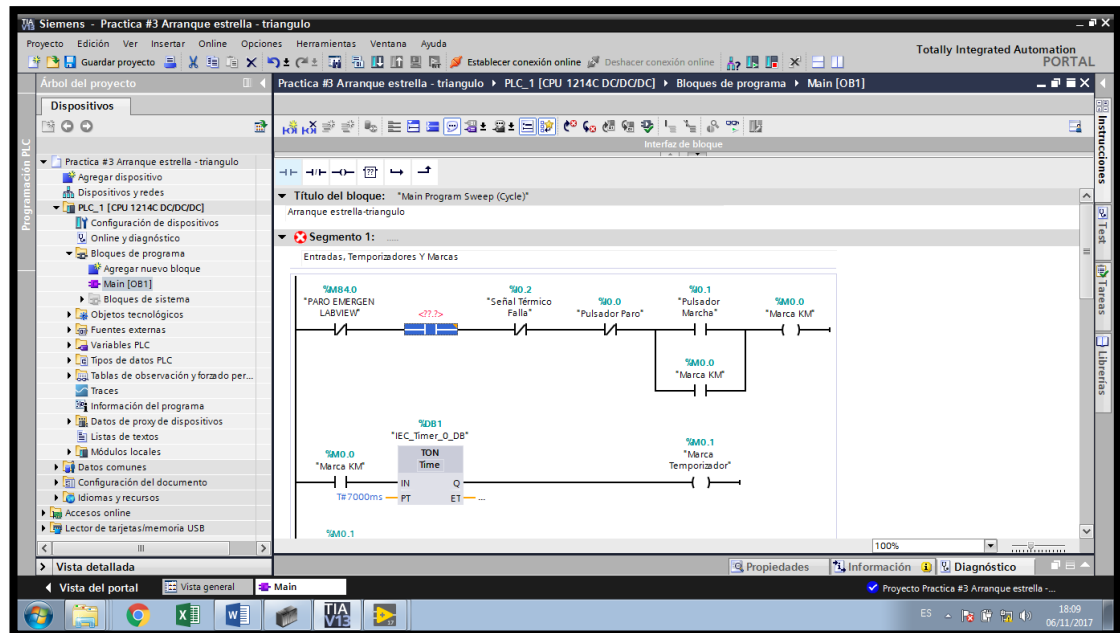


FIGURA 125: PROGRAMACIÓN DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.

Para la visualización del estado del circuito se procede a compilar el programa, escoger el adaptador de red, escoger el dispositivo y cargarlo. Una vez terminado eso se da clic en la opción *Establecer Conexión Online*.

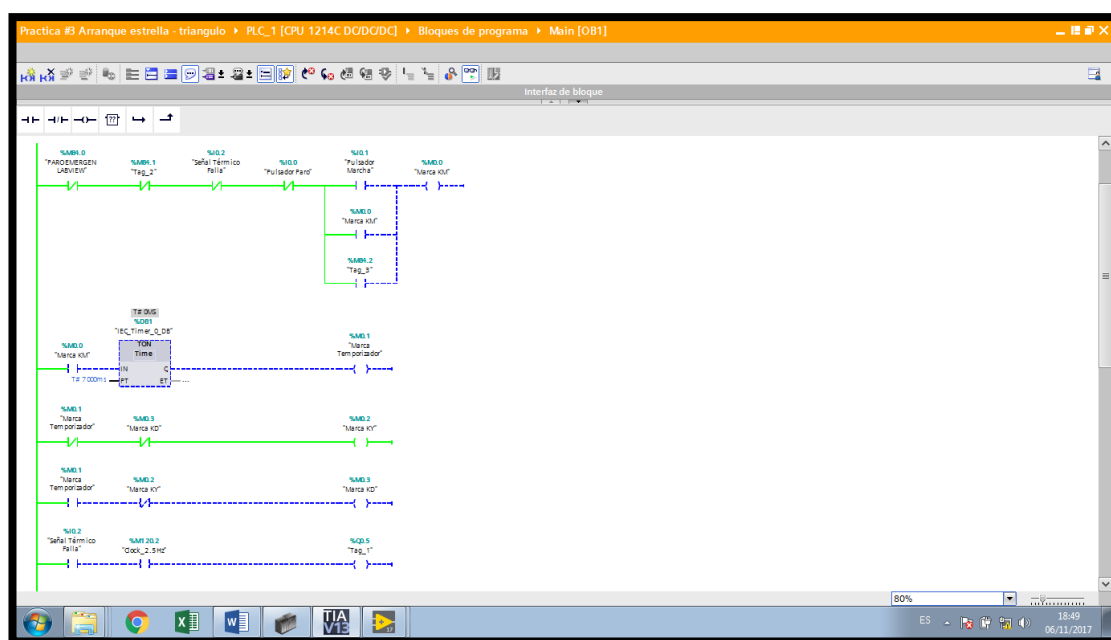


FIGURA 126: VISUALIZACIÓN DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.

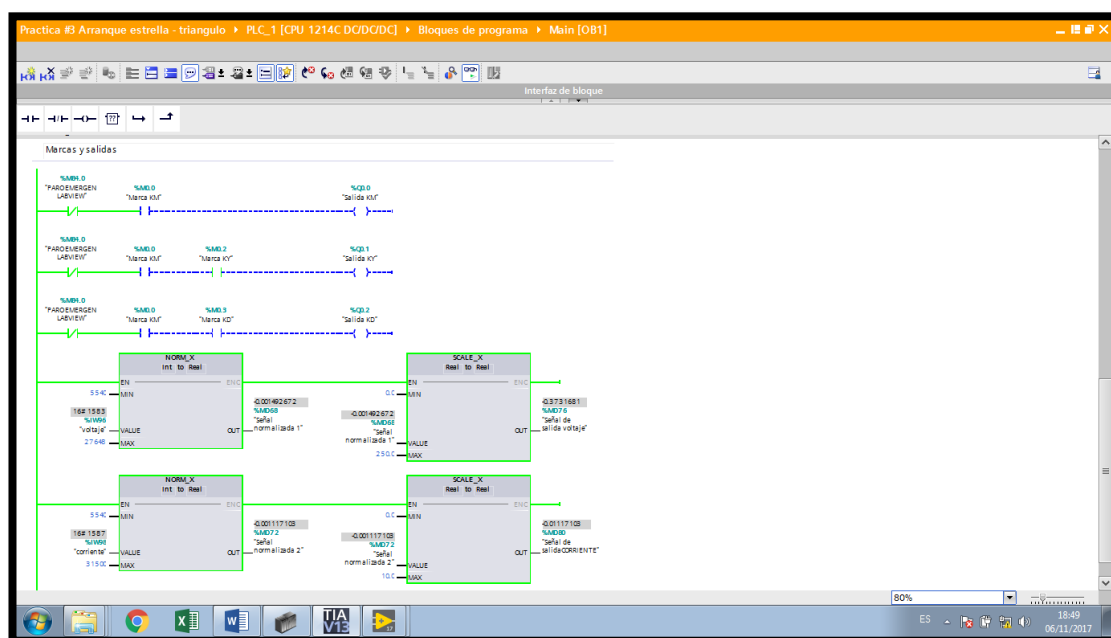


FIGURA 127: CIRCUITO DE CONTROL ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO.

Nota: El bloqueo eléctrico se lo debe realizar en la programación y de forma física ya que se debe asegurar de que ambos contactores no operaran en el mismo tiempo, este tipo de circunstancia daría paso a un cortocircuito.

Una vez obtenida la conexión online, se abre el administrador OPC Server para agregar otros dispositivos. Estos dispositivos tendrán la misma característica al dispositivo creado anteriormente (modelo del PLC y dirección IP de los dispositivos de las prácticas #2 y 3).

Después de crear el dispositivo se deben ingresar las direcciones de las variables que se visualizaran en Labview. Una vez terminado con el ingreso de las variables se procede a dar clic en Quick Client para visualizar los datos entregados por el PLC.

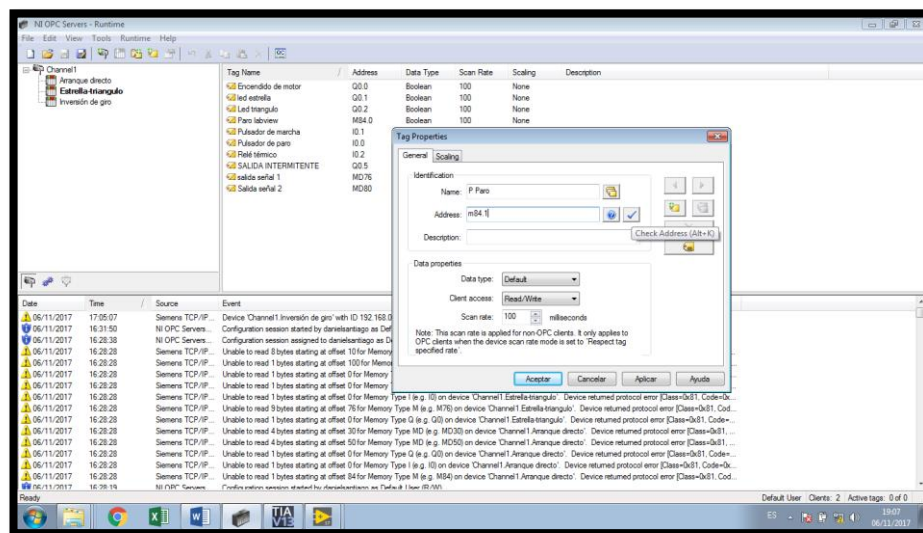


FIGURA 128: INGRESO DE VARIABLES.

Lectura de variables mediante el QUICK CLIENT del OPC Server. El circuito al estar en reposo no refleja ningún contacto booleano activado.

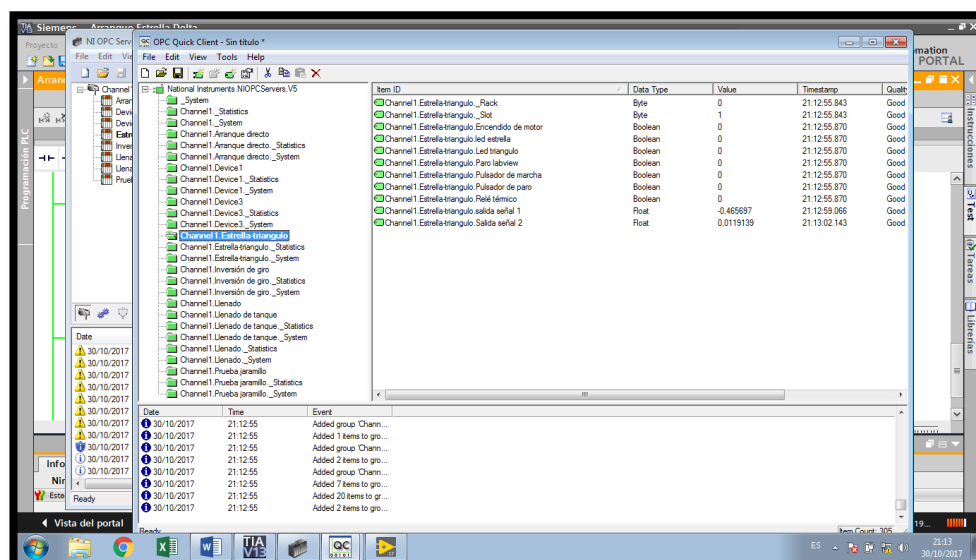


FIGURA 129: LECTURA DE VARIABLES (QUICK CLIENT).

El siguiente paso es crear un proyecto en Labview, crear o ingresar los controles previamente creados en la plataforma, crear un VI, ingresar los controles y asignarlos a una variable del OPC Server.

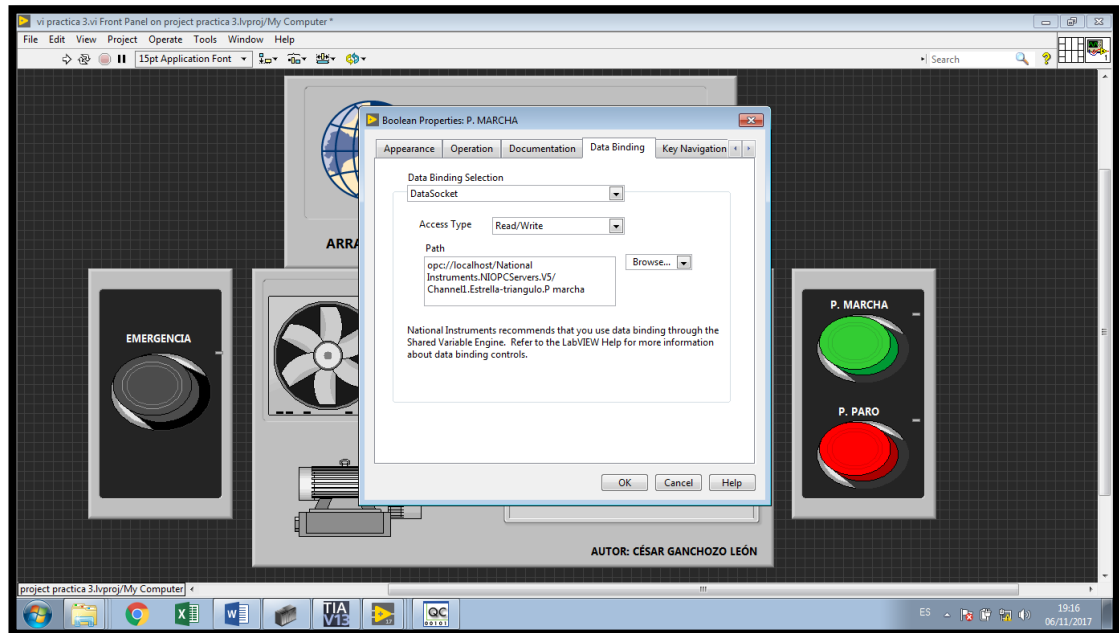


FIGURA 130: LECTURA DE VARIABLES CON EL MOTOR EN REPOSO.

En la ventana del diagrama de bloque se puede observar todos los elementos utilizados en el circuito. Para que podamos realizar una simulación continua se coloca una estructura llamada While Loop y todos los elementos deben estar dentro de esta estructura. Para hacer la simulación del giro del motor se utilizan varias estructuras, la primera es una estructura condicional que permitirá que cuando cambie de estado en su entrada se ejecuta el circuito que se encuentra en su interior. La segunda estructura es la de secuencia, al colocarla hay que aumentarle otra secuencia dando clic derecho y escogiendo la opción ADD. Dentro de los cuadros de la estructura de secuencia se agrega un temporizador con una constante, el temporizador usado maneja unidades de milisegundo.

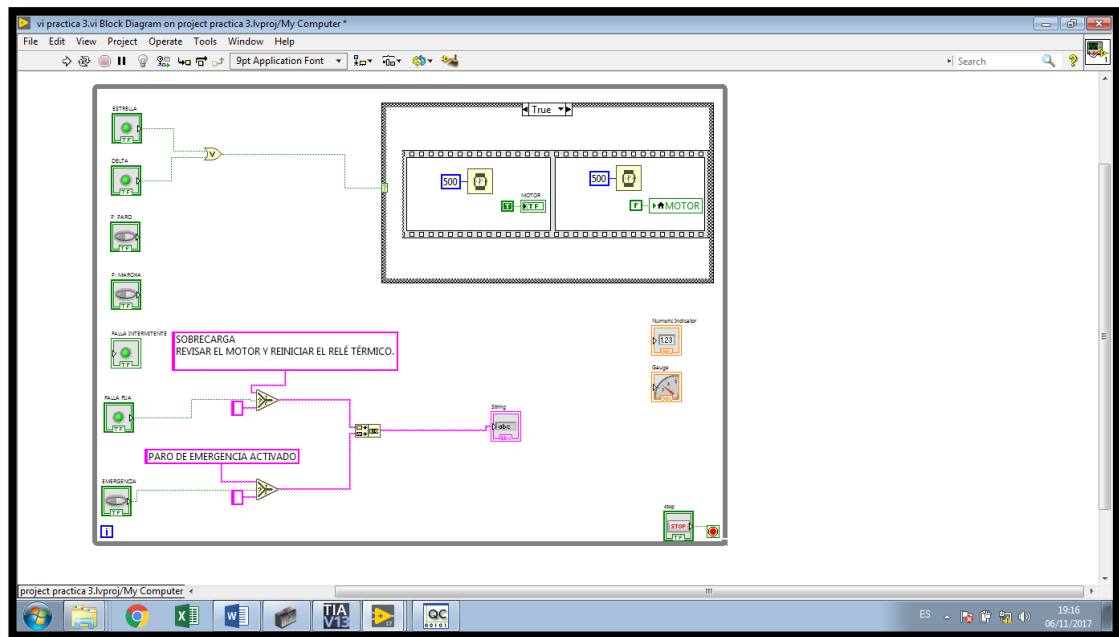


FIGURA 131: DIAGRAMA DE BLOQUES DE ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO.

5.3.6 Funcionamiento.

Luego de relacionar los controles con las variables se procede a correr el programa, esto se hace dando clic en la flecha que se encuentra en el lado izquierdo de la pantalla del panel frontal.

Como estado inicial, las señales obtenidas de voltaje y corriente serán 0, los leds permanecerán apagados ya que el circuito no se encuentra activado.

Al presionar sobre el pulsador que se conecta a la variable física (I0.1) o a la marca por medio de la plataforma de Labview (M84.2), se activará una salida que permitirá la activación de la salida Q0.0 y Q0.1. Después de que transcurra un tiempo “t” programado, el circuito hace un cambio de estado con lo cual energiza activa la salida Q0.2 y desactiva la salida Q0.1.



FIGURA 132: OPERACIÓN EN CONEXIÓN ESTRELLA (LABVIEW).

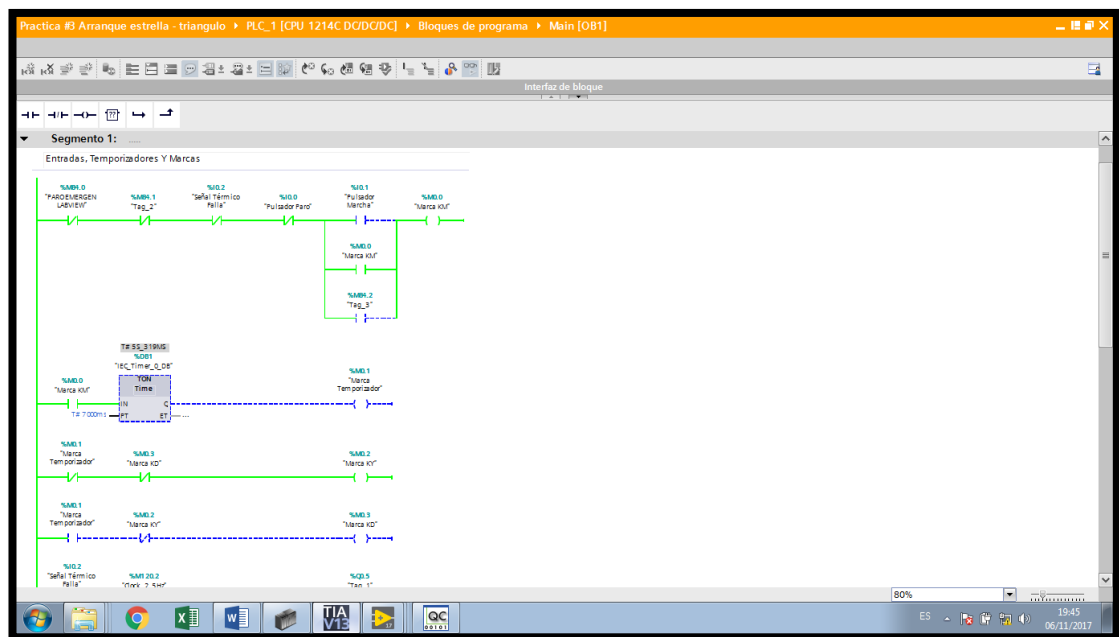


FIGURA 133: OPERACIÓN EN CONEXIÓN ESTRELLA (TIA PORTAL).



FIGURA 134: OPERACIÓN EN CONEXIÓN DELTA (LABVIEW).

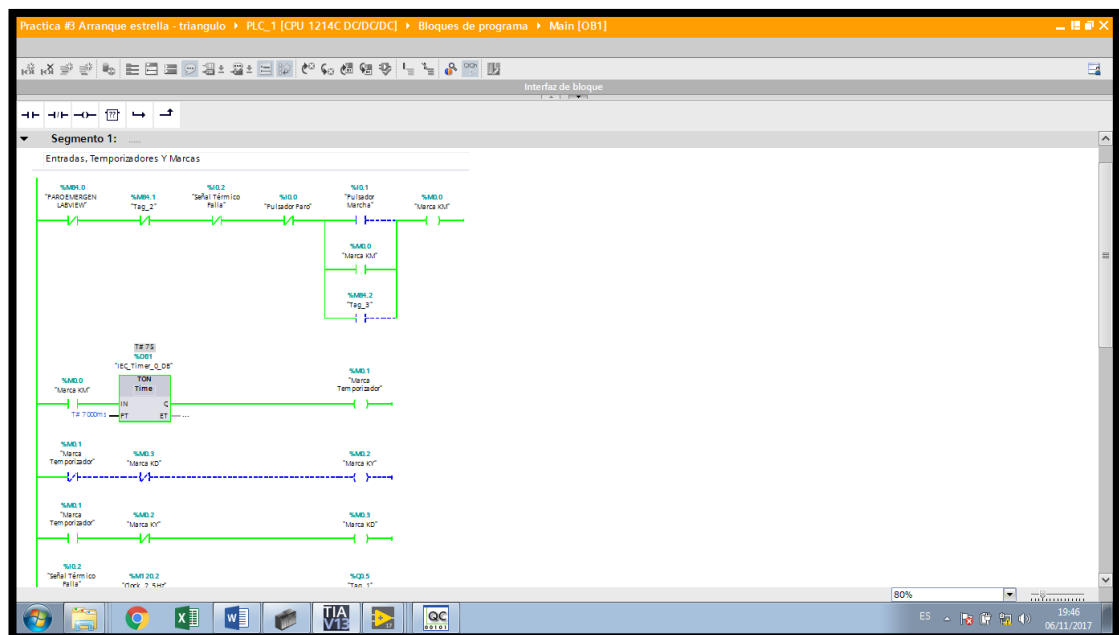


FIGURA 135: OPERACIÓN EN CONEXIÓN DELTA (LABVIEW).

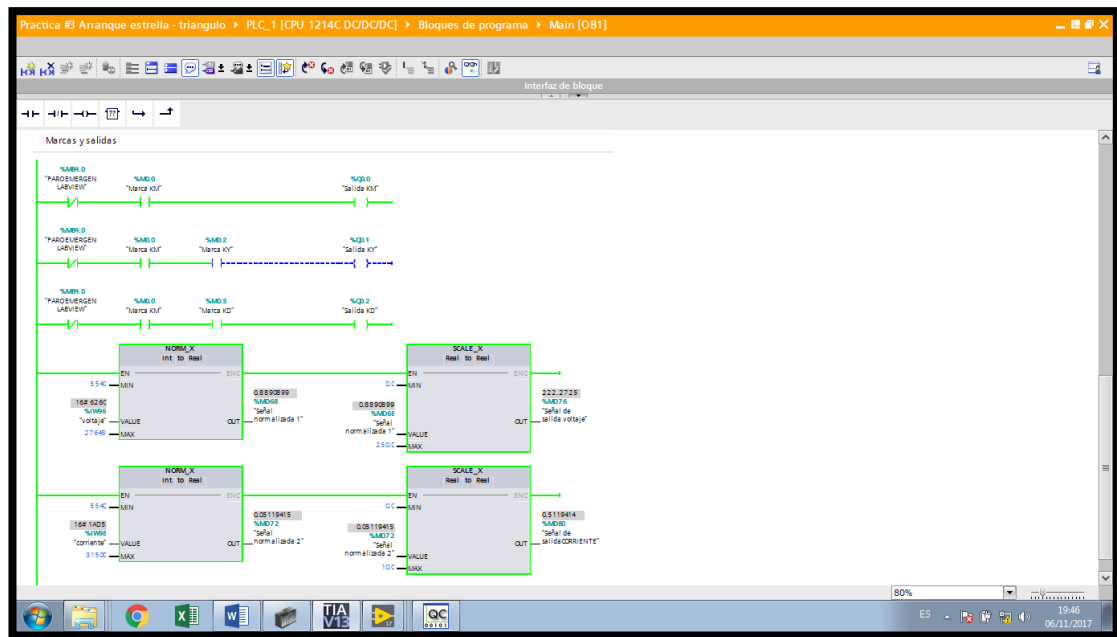


FIGURA 136: TOMA DE SEÑALES ANALOGICAS (TIA PORTAL).

Al presionar al pulsador que gobierna la entrada I0.0 o al pulsador negro que controla la marca M84.1 se desactivo el circuito. Este pulsador está configurado como un switch y simula la función de un pulsador tipo hongo, el cual queda enclavado después de ejercer presión sobre él.



FIGURA 137: ACTIVACIÓN DE PARO DE EMERGENCIA (LABVIEW).

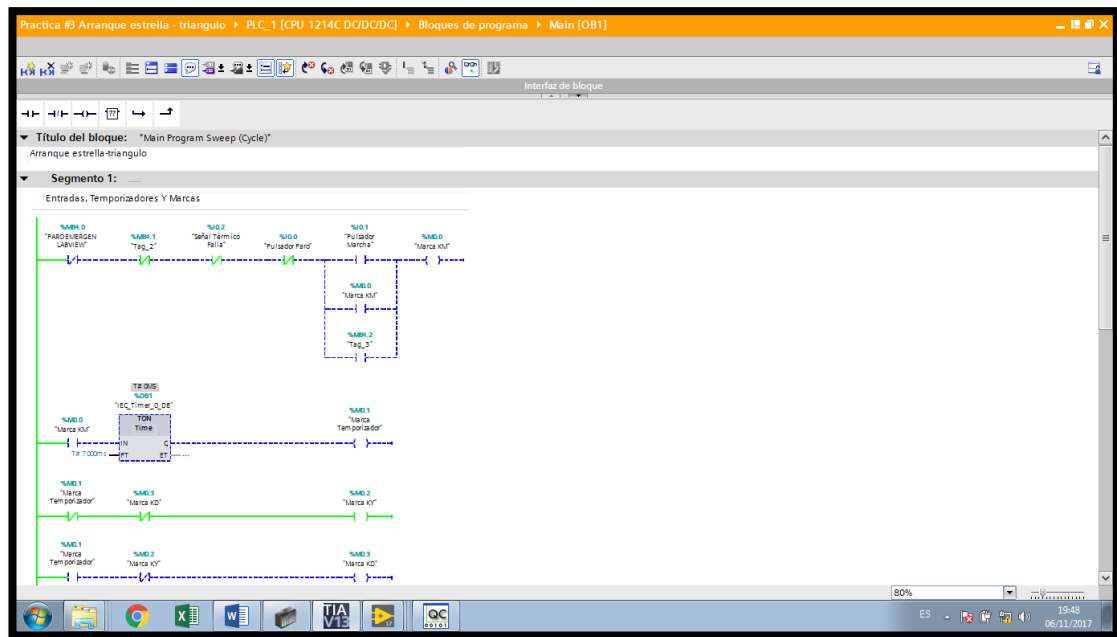


FIGURA 138: ACTIVACIÓN DE PARO DE EMERGENCIA (TIA PORTAL).



FIGURA 139: SEÑAL DE FALLA POR SOBRECARGA.

6 CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones:

- Se diseño y construyo un módulo didáctico que permite el control de procesos industriales y la comunicación con otros equipos para la supervisión y control de procesos.
- Se utilizo los transductores del módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para la obtención de señales analógicas correspondientes a corriente y voltaje del motor trifásico.
- Se diseñaron programas y aplicaciones para el control y supervisión de sistemas de arranque de motores trifásicos.
- Se realizaron prácticas de arranque de motores para demostrar el funcionamiento del módulo y la operación que realiza el PLC S7 1200.

6.2 Recomendaciones:

- La apertura del módulo solo se debe hacer para el mantenimiento.
- Se recomienda realizar el mantenimiento del módulo cada dos meses.
- Para realizar el cambio de cualquier elemento o equipo se debe primero desactivar el circuito.
- Luego de realizar el mantenimiento se debe revisar que no quede dentro del módulo algún tipo de material conductor o basura.
- Para la conexión de los potenciómetros a las tarjetas reguladoras de voltaje se recomienda soldarlos y protegerlos con el protector termo encogible.
- El módulo no debe ser trasladado al iniciar una práctica.
- Revisar la conexión de alimentación del módulo.
- El personal que utilizara el módulo debe tener conocimientos de la operación del mismo. En el caso de que lo vaya a operar un estudiante, debe escuchar y seguir la instrucción del docente a cargo de la materia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] T. Wildi, *Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia*. 2007.
- [2] M. Lahdo, T. Strohla, and S. Kovalev, “Magnetically levitated planar positioning systems based on Lorentz forces,” in *2017 11th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications (LDIA)*, 2017, pp. 1–6.
- [3] Y. Kawazoe, “Origin of magnetism — 90 Years of misunderstanding,” in *2017 11th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications (LDIA)*, 2017, pp. 1–28.
- [4] Educatina, “Modelo de la Máquina de Inducción,” 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=yS4eky8JGrE>. [Accessed: 09-Nov-2017].
- [5] D. Santos Martín, “Máquinas eléctricas de corriente alterna.”
- [6] S.-H. Kim and S.-H. Kim, “Alternating current motors,” in *Electric Motor Control*, Elsevier, 2017, pp. 95–152.
- [7] “Electricity and magnetism,” *Anaesth. Intensive Care Med.*, vol. 18, no. 7, pp. 360–363, Jul. 2017.
- [8] R. J. Alonzo and R. J. Alonzo, “Motors, Generators, and Controls,” in *Electrical Codes, Standards, Recommended Practices and Regulations*, Elsevier, 2010, pp. 213–255.
- [9] “Precise derating of three phase induction motors with unbalanced voltages,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 48, no. 9, pp. 2579–2586, Sep. 2007.
- [10] “Motores de baja tensión La guía del motor.”
- [11] A. Orellana Apolinario and B. Hermenegildo Cedeño, “Diseño e implementación de maletas didácticas con mini PLC Logo y Zelio para aplicaciones de arranque e inversión de giro de motores.” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [12] Eaton Corporation, “Arranque y control de motores trifásicos asíncronos,” vol. 9, 2011.

- [13] G. V. Mejía Guanoluisa and H. E. Ortega Batallas, “Banco de control industrial electromecánico,” Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [14] National Instruments, “¿Qué es Adquisición de Datos? - National Instruments,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>. [Accessed: 21-May-2017].
- [15] “Embedded SCADA for Small Applications,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 21, pp. 246–253, Jan. 2016.
- [16] D. R. Araujo Enríquez and D. S. Bayas Senisterra, “Módulo de adquisición y procesamiento de parámetro electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [17] Siemens, “PLC S71200 DC-DC-DC,” pp. 8–9, 2014.
- [18] Wilkinsonpc, “Cable de red cruzado y directo.” [Online]. Available: <https://www.wilkinsonpc.com.co/free/articulos/cable-de-red-cruzado-y-recto.html>. [Accessed: 29-Oct-2017].
- [19] National Instruments, “LabVIEW - National Instruments.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>. [Accessed: 24-Oct-2017].
- [20] National Instruments, “LabVIEW.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview/buy-labview.html>. [Accessed: 29-Oct-2017].
- [21] A. S. Morris and R. Langari, “Data Acquisition with LabVIEW,” in *Measurement and Instrumentation*, Elsevier, 2016, pp. 347–374.
- [22] National instruments, “Conecte LabVIEW a Cualquier PLC - National Instruments.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/7906/es/>. [Accessed: 24-Oct-2017].
- [23] SIEMENS, “S7 Controlador Programable S7-1200.”
- [24] Siemens AG, “Controlador programable S7-1200,” p. 378, 2009.
- [25] Sumelec, “Catalogo Sumelec 2017,” 2017.
- [26] Camsco international, “Relé LY2 Camsco.” [Online]. Available: <http://www.camscointernational.com/productos/reles.html>. [Accessed: 29-Oct-2017].

ANEXOS